

PEMODELAN KUALITAS AIR DI KAWASAN PEGUNUNGAN KENDENG DENGAN PENDEKATAN *ORDINARY KRIGING* DAN *GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS)*

¹Juwita Rahayu, ²Tiani Wahyu Utami, ³Rochdi Wasono

^{1,2,3}Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Muhammadiyah
Semarang

Email : juwitakialovers@gmail.com

ABSTRAK

Saat ini terjadi adanya kecendrungan penurunan kualitas air di beberapa daerah, terlebih pada daerah kawasan karst yang memiliki sistem permeabilitas tinggi yang sangat rentan terhadap pencemaran air akibat aktifitas manusia maupun perubahan alam. Tujuan penelitian adalah memetakan dan menduga kualitas air tanah dengan parameter keberadaan pencemar unsur Nitrit menggunakan metode geostatistik yang merupakan analisis statistik spasial untuk menduga data dengan prediksi dan interpolasi melalui semivariogram dan *ordinary kriging* pada kadar NO₂. Selanjutnya membandingkan model prediksi dan interpolasi yang berbeda, memetakan sebaran kadar NO₂ pada sumber mata air yang menjadi kajian menggunakan *Geographic Information System (GIS)*. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode Ordinary Kriging dengan *Gaussian isotropic model* diperoleh nilai RSS 2.21 dan $C_0 = 0.198$, $C+C_0 = 2.56$, $A = 9335.75$. Menduga pada daerah Sumber Seribu (titik ke- 6) dengan nilai dugaan sebesar 0.89571 yang masih dikategorikan memiliki kadar nitrit yang tinggi. Kemudian model *Geographically Informasi System* dengan menggunakan metode *Ordinary Kriging* dengan *Variogram Modelling*, mempunyai kriteria baik untuk menggambarkan sebaran spasial parameter kualitas air. Dengan luaran peta kontur sebaran kadar nitrit dengan daerah bitingan yang paling tinggi kadar nitritnya Studi kasus dilakukan di Kawasan Pegunungan Kendeng, Kabupaten Rembang, Provinsi Jawa Tengah.

Kata Kunci : *Karst*, Nitrite NO₂, *Ordinary Kriging*, GIS.

PENDAHULUAN

Karst merupakan istilah dalam Bahasa Jerman yang diturunkan dari Bahasa Slovenia (*krast*) yang bermakna lahan gersang berbatu. [4] mendefinisikan istilah *karst* sebagai medan dengan karakteristik hidrologi dan bentuk lahan yang diakibatkan oleh kombinasi dari batuan yang mudah larut (*soluble rock*) dan mempunyai porositas sekunder yang berkembang baik.

Menurut [3] jenis sumber air daerah karst berdasarkan keberadaannya dibedakan menjadi 2 macam yaitu :

sumber air permukaan dan sumber air bawah tanah.

Karst di wilayah Pegunungan Kendeng, membentang dari kabupaten Rembang, Blora, Grobogan dan Pati. Morfologi Pegunungan Kendeng secara regional merupakan kompleks perbukitan yang terletak pada struktur perbukitan lipatan.

Dalam bidang ilmu Geologi Stratigrafi kawasan Pegunungan Kendeng masuk dalam Formasi Wonocolo, Formasi Bulu, Formasi Ngrayong, Formasi Tawun, dan Formasi Tuban, sedangkan Hidrologi adalah salah

satu cabang ilmu yang mempelajari tentang air dan lingkungannya, mengingat pentingnya air bersih dalam kehidupan masyarakat umum terlebih dikawasan *karst*. Salah satu parameter yang dapat digunakan untuk melihat perubahan fisik kualitas badan air adalah kadar Nitrit (NO_2) dengan penelitian secara geostatistik yang menggunakan titik pengamatan (*study area*). Penelitian dengan analisa tersebut tidak dapat dilakukan secara serentak, karena memungkinkan setiap wilayah memiliki faktor yang berbeda yang diidentifikasi adanya efek spasial.

Pada kasus spasial untuk melihat perubahan fisik dan kimiawi pada kualitas air pada badan air secara geostatistik dengan pendekatan *Kriging* akan menganalisa proses interpolasi. *Kriging* adalah teknik pembuatan optimal, yang memperkirakan lokasi titik tanpa sampel daerah menggunakan sifat-sifat stuktural dari semivariogram dan set awal nilai data.

Kriging mempertimbangkan tata ruang dan memberikan variansi estimasi disetiap titik estimasi. Ditinjau dari cara estimasi dan penyelesaian perhitungannya terdapat berapa varian *kriging*. *Point kriging*, *Block Kriging*, *Ordinary Kriging*, *Co-Kriging*, *Kriging with a trend*. Semua varian *kriging* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk interpolasi.

Interpolasi adalah metode yang digunakan untuk mendapatkan data berdasarkan beberapa data yang telah diketahui. Akurasi interpolasi dapat mempengaruhi akurasi output model. Berdasarkan kasus yang menjadi bahasan dalam penelitian ini digunakan *ordinary kriging* untuk penyelesaiannya. Guna mendukung pemetaan sebaran kadar nitrit pada sumber air yang menjadi lokasi penelitian secara spasial, penelitian ini akan menggunakan pendekatan aplikasi GIS.

Penelitian yang mengangkat tema kualitas air tanah dengan parameter senyawa baik alami atau non alami sudah banyak dilakukan. Dimas Aditia [2] melakukan penelitian analisis keruangan kualitas air tanah bebas pada persebaran kandungan unsur non alami. Penelitian yang berjudul Pemanfaatan SIG untuk Imbuhan Air Tanah dan kerentanan air tanah di kawasan karst di kecamatan Paliyan dan Saptosari kabupaten Gunung Kidul [1]. Begitupun penelitian yang menggunakan metode *Ordinary Kriging* seperti [5] yang melakukan penelitian level air tanah dengan mengestimasi level air tanah pada kurun waktu Juni–September dari tahun 1985–1990 di India.

Penelitian-penelitian tentang Bentang Alam Karst sebagian besar belum menggunakan aspek Geostatistik, maka peneliti ingin mengembangkan pemodelan kualitas air dengan parameter kandungan Nitrit (NO_2) di Pegunungan Kendeng, Kabupaten Rembang dalam Geostatistika dengan metode *Ordinary Kriging* mengkombinasikan aplikasi GIS pada pemetaan.

Metode *kriging* biasa adalah metode interpolasi yang memberikan taksiran linear tak bias terbaik. Metode ini menduga nilai suatu peubah pada titik atau lokasi tertentu menggunakan kombinasi linear terboboti dari nilai peubah yang sama pada lokasi lainnya.

$$\hat{Z}_p = \sum_{i=1}^n W_i Z_i$$

dimana:

\hat{z}_p : nilai dugaan peubah z pada lokasi p

w_i : bobot masing-masing nilai peubah z pada titik ke –i

z_i : nilai peubah z pada titik ke-i

Metode *ordinary kriging* diasumsikan bahwa mean dari populasi konstan, namun belum diketahui dan variogram dari $Z_{(x)}$ diketahui.

Bobot dari *kriging* memenuhi sifat tak bias dengan $\sum_{i=1}^n W_i$ dengan nilai n adalah jumlah sampel yang diketahui.

$$\begin{bmatrix} \hat{C}_{11} & \cdots & \hat{C}_{1n} & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \hat{C}_{n1} & \cdots & \hat{C}_{nn} & 1 \\ 1 & \cdots & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_1 \\ \vdots \\ W_n \\ \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{D}_{10} \\ \vdots \\ \hat{D}_{n0} \\ 1 \end{bmatrix}$$

C : matriks kovarian antar pasangan lokasi/titik ke-i dan ke-j

W : vektor pembobot-i

D :vektor kovarian antara lokasi/titik yang diduga dengan lokasi pengamatan yang telah ada.

METODE PENELITIAN

Sumber Data dan Variabel Penelitian

Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh secara tidak langsung atau data yang dikumpulkan oleh pihak lain. Dalam hal ini data diperoleh dari hasil pemaparan *Scientific Karst Eksplorasi* (SKE) 2013 tentang Hidrologi. Dengan data pendukung untuk pembuatan peta sebaran kualitas air dari Peta Lokasi Gua dan Mata air di sekitar Cekungan Air Tanah (CAT) Watu Putih Rembang, hasil survey gua dan mata air dari *Semarang Caver Asosiation* (SCA) tahun 2013 dan Peta batas administrasi Provinsi Jawa Tengah, Badan Informasi Geospasial tahun 2013.

Metode Analisis

Tahap-tahap analisis penelitian: memeriksa plot data sampel yang *outlier*, memeriksa asumsi stasioner orde dua pada masing-masing data kadar nitrit, menentukan model semivariogram yang terbaik model yang terpilih sebagai model semivariogram adalah model *Gussian* Isotropik dengan pengujian validasi silang, menghitung bobot masing-masing titik amatan terhadap

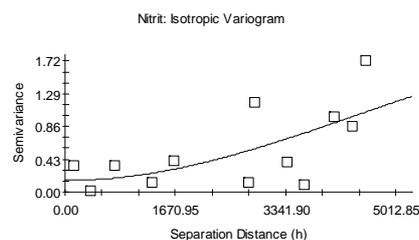
titik control dengan model smivariogram model Gaussian isotropik, mencari nilai dugaan pada titik control menggunakan bobot masing-masing titik yang diperoleh dari model terbaik, kemudian menghitung nilai *root mean squre error* (RMSE) dari metode *ordinary kriging* menggunakan semivariogram isotropic model gaussian.

Pemilihan model untuk pembuatan peta sebaran Nitrit dengan pendekatan GIS berdasarkan hasil model semivariogram *Ordinary kriging* terbaik yaitu model Gaussian Isotropik.

HASIL PENELITIAN

Pemilihan model terbaik untuk menentukan nilai variogram teoritis

a. semivariogram data penuh



Gaussian model (Co = 0.1520; Co + C = 2.3140; Ao = 6210.00; r2 = 0.444; RSS = 1.71)

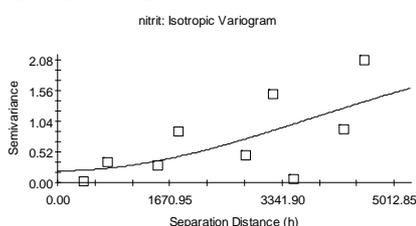
Gambar 1. Variogram dengan *nugget* variance (Co = 0.1520), sill (Co + C = 2.3140) , Ao =6210.00, r² = 0.444, RSS = 1.71.

Perbandingan nilai plot semivarian data penuh dapat memberikan penjelasan bahwa model terbaik berdasarkan nilai RSS maupun R² adalah model *Gaussian* untuk variogram Isotropik maupun variogram anisotropik. Dari Tabel 1.diperoleh nilai *nugget* variance (C0), Sill (C+C0), dan range (A) untuk model *Isotropic Gaussian* yaitu 0.152, 2.34, 10756.035. sementara untuk model *Anisotropic Gussian* untuk range major dan minor adalah 11102,445 .

Tabel 1. Perbandingan nilai plot semivarian data penuh

No.	Variogram	Model	RSS	R ²	Nilai C ₀	Nilai C+C ₀	Proporsi (C(C ₀ +C))
1.	Isotropic	Gaussian	1,71	0,44	0,152	2,314	0,934
		Linear	1,87	0,392	0,0208	0,981	0,97
		Spherical	1,88	0,386	0,038	2,104	0,982
		Eksponensial	1,96	0,363	0,4	2,09	0,961
2.	Anisotropic	Gaussian	4,94	0,345	0,125	2,406	2,406
		Linear	5,18	0,306	0,013	1,801	0,993
		Spherical	5,20	0,301	0,02	2,050	0,99
		Eksponensial	5,32	0,285	0,4	2,123	1

b. plot semivariogram data penghilangan titik



Gaussian model (C₀ = 0.1980; C₀ + C = 2.5060; A₀ = 5390.00; r² = 0.428; RSS = 2.21)

Gambar 2. Isotropic Gaussian Variogram dengan penghilangan 1 titik

Pada Gambar 2 didapat model dengan nilai *nugget variance* (C₀ = 0.1980), sill (C₀ + C = 2.5060), A₀ sebesar 5390.00 dengan nilai r² = 0.428 dan nilai *residual sum of square* (RSS = 2.21). Model terbaik berdasarkan nilai RSS maupun R² adalah model *Gaussian* untuk variogram Isotropik maupun variogram anisotropic.

Tabel 2. Perbandingan nilai plot semivarian dengan penghilangan satu titik

No.	Variogram	Model	RSS	R ²	Nilai C ₀	Nilai C+C ₀	Proporsi (C(C ₀ +C))
1.	Isotropic	Gaussian	2,21	0,426	0,198	2,506	0,921
		Linear	8,62	0,424	0,001	0,00023	-3,351
		Spherical	2,25	0,419	0,001	2,475	1
		Eksponensial	2,30	0,41	0,01	3,012	1
2.	Anisotropic	Gaussian	5,42	0,53	0,079	3,219	0,975
		Linear	5,71	0,482	0,001	2,513	1
		Spherical	5,74	0,475	0,001	2,514	1
		Eksponensial	5,83	0,459	0,001	3,055	1

Dari Tabel 2 untuk model *Isotropic Gaussian* yaitu 0.198, 2.506, 9335.75. sementara untuk model *Anisotropic Gaussian* untuk range major dan minor adalah 6810.00.

Penaksiran nilai dugaan kadar nitrit

Nilai dugaan diperoleh dari interpolasi dengan metode ordinary kriging selanjutnya dibandingkan nilai sebenarnya, elisih tersebut akan digunakan dalam perhitungan untuk mendapatkan kesalahan (*error*).

Tabel 3. Nilai Dugaan Kadar Nitrit pada Badan Air

Sumber Mata Air	Kadar No2 real	Kadar No2 Dugaan	ϵ
Kajar	2.04	1.90906	0.130939503
Brubulan	1.18	1.171918	0.008081967
Picisan	1.47	1.437019	0.032980671
Sendang Gandri	5.49	3.379252	2.110748223
Bitingan	8.37	5.586498	2.783502
Semen	0.89	0.889997	3.26269E-06
Ngrojo	1.75	1.677019	0.072980799
Gondang	2.04	1.90906	0.130939503
Sami	1.75	1.677019	0.072980799
Sumberan	0.89	0.889997	3.26269E-06
		RMSE	2.3115

Dari Tabel 3 dilihat bahwa nilai dugaan pada masing-masing titik tidak terlampaui jauh sehingga pendugaan dengan menggunakan model isotropic gaussian dapat dikatakan baik. Sesuai dengan data *real* bahwa kadar Nitrit paling tinggi terdapat pada daerah Bitingan atau titik ke lima dengan nilai dugaan 5.58 yang mengidentifikasi bahwa daerah tersebut masih pada kadar yang melebihi batas aman kadar nitrit pada suatu badan air.

Setelah didapat model Variogram yang valid berdasarkan kecocokan data

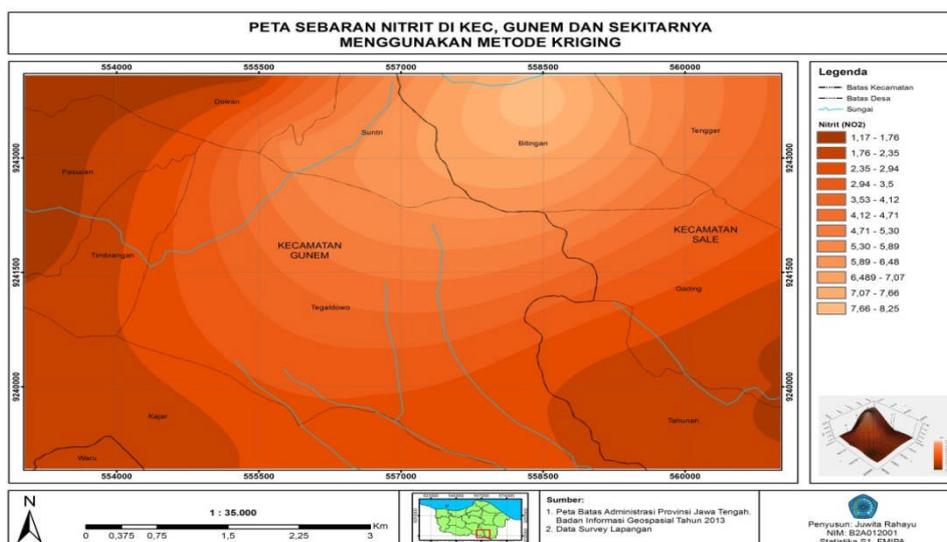
dan teoritis maka hasil ini akan digunakan untuk membentuk system persamaan Ordinary Kriging. Dari system persamaan Ordinary Kriging ini akan diperoleh bobot-bobot nilai Kadar Nitrit disetiap titik untuk memperoleh nilai dugaan disuatu titik tertentu. Contoh untuk mendapatkan taksiran nilai disuatu titik koordinat dalam hal ini diambil sampel ke-6 pada koordinat (560905; 9240019)

$$\hat{Z}(x_0) = (-0.0453 \times 2.04) + (0.0079 \times 1.18) + (-0.0101 \times 1.47) + (0.0105 \times 5.49) + (0.0040 \times 8.37) + (0.8972 \times 0.89) + (0.2216 \times 1.75) + (-0.1182 \times 2.04) + (-0.0032 \times 1.75) + (0.0336 \times 0.89) = 0.895712$$

Hasil diperoleh bahwa nilai dugaan kandungan Nitrit pada badan air di Pegunungan Kendeng di koordinat ((560905 ; 9240097) atau titik sumber Picisan adalah 0.895712.

Pemetaan dengan pendekatan GIS

Model semivariogram pada set data penuh untuk pemilihan model terbaik ada pembuatan peta sebaran kadar nitrit.



Gambar 3. Peta Sebaran Kadar Nitrit Sumber Mata Air

Dari peta dapat diasumsikan bahwa daerah Bitingan pada zona akhir dengan warna kontur putih yang menandakan daerah dengan kadar nitrit paling tinggi. Oleh karenanya daerah dengan titik yang mendekati daerah Bitingan akan memiliki kadar Nitrit yang semakin besar, begitu pula sebaliknya apabila lokasi titik menjauhi daerah Bitingan maka kadar kandungan nitrit akan semakin menurun dengan ditandainya warna kontur yang semakin gelap

Hal ini membuktikan adanya pola sebaran spasial pada data kadar nitrit yang terdapat pada badan air daerah Pegunungan Kendeng, Rembang.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil dan pembahasan adalah sebagai berikut :

1. Model yang digunakan untuk menduga kadar nitrit pada badan air menggunakan pada data penuh adalah model *Isotropik Gaussian* dengan nilai $RSS = 1.71$, $C_0 = 0.152$, $C+C_0 = 2.34$, $A = 10756.035$. Sedangkan pada data dengan penghilangan satu titik untuk pendugan adalah *Gaussian isotropic model* dengan nilai $RSS = 2.21$, $C_0 = 0.198$, $C+C_0 = 2.56$, $A = 9335.75$. Menduga pada daerah Sumber Seribu (titik ke -6) dengan nilai dugaan sebesar 0.89571 diasumsikan daerah tersebut masih dalam kadar tinggi kandungan nitritnya.
2. Metode interpolasi *ordinary kriging* dengan menggunakan GIS sebagai pendekatan modelnya dapat memberikan gambaran sebaran spasial yang baik pada parameter kualitas air.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad, C. dan Fedhi A. H., 2011, *Pemanfaatan SIG untuk Imbuhan Air Tanah dan Kerentanan Air Tanah di Kawasan Karst Study Kasus di Kecamatan Paliyan dan Saptosari kabupaten Gunung Kidul*. Penelitian. Yogyakarta: Jurusan Geografi Lingkungan UGM
- [2] Dimas, A., 2012, *Analisis Keruangan Kualitas Airtanah Bebas Pada Persebaran Kandungan Unsur Non Alami*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- [3] Fetter, C. W., 1988, *Applied Hydrogeology*, Second edition. MacMillan, New York.
- [4] Ford, D. and Williams, P., 1992. *Karst Geomorphology and Hydrology*, Chapman and Hall, London
- [5] Vijay, K. Remadevi, 2006, Kriging Of Groundwater Levels-A Case Study. *Journal of Spatial Hydrology* Vol.6, No.1 Sprin