

PENERAPAN METODE *ORDINARY KRIGING* PADA PENDUGAAN KADAR NO₂ DI UDARA (Studi Kasus: Pencemaran Udara di Kota Semarang)

Gera Rozalia¹, Hasbi Yasin², Dwi Ispriyanti³

¹Mahasiswa Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

^{2,3}Staff Pengajar Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

gerarozalia11@gmail.com, hasbiyasin17@gmail.com, ispriyanti.dwi@gmail.com

ABSTRACT

Air pollution must be addressed. Nitrogen Dioxide is one of the important factors in air pollution. To determine concentration level of the pollutant “Badan Lingkungan Hidup Kota Semarang” already take measurements at several points. However, because of blocked considerable cost, is not much point to do measurements. In this study, will be used Ordinary Kriging method to estimate at some points in Semarang. In this methode will compare the value of the eksperimental semivariogram with some theoretical semivariogram models (spherical, eksponensial, and gaussian) to get the best model that will be used in the estimation. In this study, estimate the concentration of Nitrogen Dioxide in the air in a number of village in Semarang. Based on analysis we found the best model is spherical model with Nitrogen Dioxide produces estimates is the highest in Sub Gebangsari and Nitrogen Dioxide lowest in Sub Patemon.

Keywords: Ordinary Kriging, Semivariogram, Nitrogen Dioxide.

1. PENDAHULUAN

Udara adalah suatu kesatuan ruangan, di mana makhluk hidup berada di dalamnya [9]. Udara dikatakan “normal“ dan dapat mendukung kehidupan manusia, apabila kadarnya tidak melebihi Baku Mutu Udara Ambien (BMUA) dalam peraturan Pemerintah tentang Pengendalian Pencemaran Udara yang tertuang dalam PP nomor 41 tahun 1999. Ada beberapa polutan yang dijadikan sebagai tolak ukur untuk menentukan udara tersebut tercemar atau tidak, yaitu NO₂, SO₂, CO, H₂S, NH₃, O₃, dan TSP. Jika salah satu polutan memiliki kadar yang melebihi BMUA, maka udara di daerah tersebut dikatakan tercemar.

Pencemaran udara harus segera ditanggulangi. Untuk menanggulangnya perlu didukung data mengenai informasi tingkat pencemaran udara di suatu lokasi. Konsentrasi kualitas udara dekat sumbernya akan tinggi dan mulai menurun seiring bertambahnya jarak. Hal ini mengindikasikan bahwa adanya pengaruh spasial dalam pendugaan tingkat pencemaran udara.

Gas Nitrogen Dioksida (NO₂) sangat berbahaya bagi kesehatan manusia[3]. NO₂ merupakan faktor yang berperan penting dalam pencemaran udara. Untuk mengetahui tingkat konsentrasi dari polutan tersebut, Badan Lingkungan Hidup (BLH) telah melakukan pengukuran di beberapa titik. Namun karena terhalang dana yang cukup besar, maka tidak banyak titik yang dapat dilakukan pengukuran. Oleh karena itu dilakukan suatu metode interpolasi untuk dapat memprediksi tingkat konsentrasi NO₂ di beberapa titik yang tidak dilakukan pengukuran.

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan, telah dikembangkan suatu penelitian untuk mengestimasi konsentrasi gas Nitrogen Dioksida (NO₂) yang berbasis interpolasi atau dikenal dengan istilah interpolasi geostatistik karena memerhatikan efek

spasial. G. Matheron menamakan proses prediksi ini sebagai *Kriging* [6], yang diambil dari nama seorang insinyur pertambangan yang berasal dari Afrika Selatan, yaitu D.G. Krige. *Kriging* juga dapat diartikan sebagai metode untuk menangani variabel terdistribusi. Berbagai metode *Kriging* dikembangkan untuk menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan geostatistika. Apabila data spasial dengan rata-rata (μ) belum diketahui dan tidak mengandung penciran, maka digunakan metode *Ordinary Kriging* [1]. Apabila data spasial yang akan diestimasi mengandung *trend*, maka metode yang harus digunakan adalah metode *Universal Kriging* [2].

Untuk melakukan estimasi pada data spasial, digunakan suatu perangkat untuk menggambarkan, memodelkan, dan menghitung korelasi spasial antara variabel random $Z(s)$ dan $Z(s + h)$, yang disebut dengan semivariogram. Besarnya nilai semivariogram adalah setengah dari nilai variogram [1]. Penelitian ini akan dilakukan pada data pencemaran udara di wilayah Semarang. Karena data yang digunakan untuk Tugas Akhir ini tidak mengandung *trend*, tidak mengandung penciran dan rata-rata (μ) tidak diketahui, maka metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Ordinary Kriging*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Data Spasial

Data spasial diperoleh dari hasil pengukuran yang berisi informasi tentang lokasi dan pengukuran. Data ini disajikan dalam bentuk posisi geografis dari objek, lokasi, hubungan dengan objek-objek lainnya, dengan menggunakan titik koordinat dan luasan. Data spasial dapat berupa data diskrit maupun kontinu.

Data spasial memiliki lokasi spasial yang beraturan (*regular*) dan tak beraturan (*irregular*). Data spasial merupakan salah satu model data dependen (tak bebas), karena data spasial dikumpulkan dari lokasi berbeda yang mengindikasikan ketergantungan antara pengukuran data dan lokasi [1]. Data spasial mempunyai dua bagian penting yang membuatnya berbeda dari data yang lain, yaitu informasi lokasi (spasial) dan informasi deskriptif (atribut) [7]. Data spasial dibagi menjadi tiga tipe menurut jenis datanya, yaitu: data geostatistika (*geostatistical data*), data area (*lattice data*), dan pola titik (*point pattern*) [1].

Geostatistika merupakan ilmu statistika yang diterapkan pada ilmu geologi dan beberapa ilmu bumi lainnya. Data geostatistika mengarah pada sampel yang berupa titik dari suatu data spasial kontinu, baik yang berbentuk *regular* maupun *irregular* [1].

Data area merupakan kumpulan data diskrit yang merupakan hasil perhitungan ataupun penjumlahan zona *poligons* pada wilayah tertentu [1]. Secara umum, data area digunakan dalam studi epidemiologi.

Pola titik akan muncul apabila hal yang akan dianalisis adalah lokasi dari suatu peristiwa [1]. Hal terpenting dari pola titik adalah mengetahui hubungan ketergantungan antar titik. Beberapa contoh kasus yang menggunakan pola titik seperti lokasi tumbuh pohon di hutan, analisis ketersediaan dan pemanfaatan sumber daya, dan sebagainya.

2.2 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 di sekitarnya dengan menggunakan model struktural semivariogram. *Kriging* juga merupakan suatu metode yang digunakan untuk menonjolkan metode khusus yang meminimalkan variansi dari hasil pendugaan [2].

Jika dilihat secara umum, metode *Kriging* adalah suatu metode analisis geostatistik untuk menginterpolasi suatu nilai kandungan sebagai contoh kandungan mineral, berdasarkan data sampel yang diambil di tempat-tempat yang tidak beraturan.

Banyak metode yang dapat digunakan dalam metode *kriging*, namun berdasarkan diketahui atau tidaknya mean, *Kriging* dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu *Simple Kriging*, *Ordinary Kriging*, dan *Universal Kriging* [1].

1. *Simple Kriging*

Simple Kriging merupakan metode *kriging* dengan asumsi bahwa rata-rata (mean) dari populasi telah diketahui dan bernilai konstan. Pengolahan dari metode *Simple kriging* adalah dengan cara data spasial yang akan diduga dipartisi menjadi beberapa bagian.

2. *Ordinary Kriging*

Ordinary kriging merupakan metode yang diasumsikan rata-rata (mean) dari populasi tidak diketahui, dan pada data spasial tersebut tidak mengandung *trend*. Selain tidak mengandung *trend*, data yang digunakan juga tidak mengandung pencilan.

3. *Universal Kriging*

Universal kriging merupakan metode *kriging* yang dapat diaplikasikan pada data spasial yang mengandung *trend* atau data yang tidak stasioner.

2.3 Pendeteksian Pencilan Spasial

Pencilan spasial dapat didefinisikan sebagai nilai lokasi observasi yang tidak konsisten atau sangat menyimpang (ekstrim) terhadap nilai lokasi observasi yang lainnya. Salah satu metode yang digunakan untuk mendeteksi adanya pencilan adalah *spatial statistics Z test*, yang didefinisikan sebagai berikut [2]:

$$Z_{s(x)} = \left| \frac{s(x) - \mu_s}{\sigma_s} \right| > \theta \tag{1}$$

Dengan,

$s(x)$ = selisih antara nilai amatan dari lokasi x dengan rata-rata nilai amatan lokasi yang dekat dengan x .

μ_s = nilai mean dari $s(x)$

σ_s = standar deviasi dari $s(x)$

θ = nilai Z tabel untuk tingkat signifikansi tertentu

Jika $Z_{s(x)} > \theta$, maka x dideteksi sebagai pencilan.

Untuk melakukan pendeteksian dilakukan uji hipotesis sebagai berikut:

- Hipotesis
 H_0 : x bukan pencilan
 H_1 : x merupakan pencilan
- Taraf signifikansi
 $\alpha = 0,05$
- Statistik Uji

$$Z_{s(x)} = \left| \frac{s(x) - \mu_s}{\sigma_s} \right|$$

- Kriteria Uji
 H_0 ditolak jika $Z_{s(x)} > Z_\alpha$

2.4 Variogram dan Semivariogram

Variogram merupakan perangkat statistik yang diperlukan untuk melakukan pendugaan pada data spasial, karena jika ada dua buah nilai spasial yang letaknya berdekatan, maka akan relatif bernilai sama dibandingkan dengan dua buah nilai spasial yang letaknya berjauhan [1].

Variogram dirumuskan sebagai berikut [1]:

$$2\gamma(h) = E[Z(s) - Z(s + h)]^2 \tag{2}$$

Untuk melakukan pendugaan pada data spasial, digunakan suatu perangkat untuk menggambarkan, memodelkan, dan menghitung korelasi spasial antara variabel random $Z(s)$ dan $Z(s + h)$, yang disebut dengan semivariogram yang besarnya setengah dari nilai variogram [1]. Semivariogram dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E[Z(s) - Z(s + h)]^2 \quad (3)$$

Variogram eksperimental adalah nilai dugaan yang diperoleh dari penarikan sampel di lapangan. Variogram eksperimental dibuat berdasarkan nilai korelasi spasial antara dua buah variabel yang dipisahkan oleh suatu jarak (h) tertentu. Variogram eksperimental dirumuskan sebagai berikut [1]:

$$2\gamma(h) = \frac{1}{N(h)} \sum [Z(s_i) - Z(s_i + h)]^2 \quad (4)$$

dimana,

- s_i = lokasi titik sampel
- $Z(s_i)$ = nilai observasi pada lokasi s_i
- h = jarak antara dua titik sampel
- $s_i, s_i + h$ = pasangan titik sampel yang berjarak h
- $N(h)$ = banyak pasangan data yang memiliki jarak h

Semivariogram eksperimental dirumuskan sebagai berikut [1]:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum [Z(s_i) - Z(s_i + h)]^2 \quad (5)$$

Untuk mencari nilai semivariogram, banyak pasangan data akan di bagi menjadi beberapa kelas menggunakan persamaan sturge berikut [4] :

$$k = 1 + 3,3 \log n \quad (6)$$

dimana :

k = banyak interval kelas

n = ukuran sampel

Setelah diperoleh nilai semivariogram eksperimental, maka dapat dihitung parameter-parameter yang akan digunakan untuk perhitungan semivariogram teoritis. Beberapa parameter yang digunakan untuk mencari nilai dalam semivariogram teoritis adalah *nugget effect*, *sill*, dan *range* [8]:

1. *Nugget Effect* (C_0)
Nugget effect merupakan pendekatan nilai semivariogram pada jarak sekitar nol.
2. *Sill* ($C_0 + C$)
Sill adalah saat dimana nilai semivariogram cenderung mencapai nilai yang stabil. Nilai *sill* sama dengan nilai varian dari data spasial.
3. *Range* (a)
Range merupakan jarak pada saat semivariogram mencapai nilai *sill*.

Setelah memperoleh nilai dari ketiga parameter di atas, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai semivariogram teoritis. Nilai yang diperoleh dari semivariogram teoritis akan digunakan untuk membandingkan nilai MSE antara semivariogram eksperimental dengan teoritis. Selanjutnya dipilih model mana yang memiliki nilai MSE paling kecil, yang nantinya akan digunakan untuk melakukan pendugaan data spasial.

Berikut adalah beberapa model semivariogram teoritis yang digunakan sebagai pembanding [1]:

1. Model *Spherical*

$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C \left[\left(\frac{3h}{2a} \right) - 0,5 \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] & \text{untuk } h \leq a \\ C_0 + C & \text{untuk } h > a \end{cases} \quad (7)$$

dengan,

h = jarak lokasi sampel

$C_0 + C$ = *sill*, yaitu nilai semivariogram untuk jarak pada saat besarnya konstan.

a = *range*, yaitu jarak pada saat nilai semivariogram mencapai *sill*.

2. Model *Eksponensial*

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[1 - \exp\left(-\frac{3h}{a}\right) \right] \quad (8)$$

3. Model *Gaussian*

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[1 - \exp\left(-\frac{3h^2}{a^2}\right) \right] \quad (9)$$

2.5 Pendugaan Parameter *Ordinary Kriging*

Penduga *kriging* $\hat{Z}(s)$ merupakan kombinasi linier [5]. Kombinasi linier adalah penjumlahan hasil kali anggota himpunan pasangan berurutan. Penduga *kriging* $\hat{Z}(s)$ merupakan kombinasi linier dari variabel sampel $Z(s_i)$ yang diketahui atau ditulis secara matematis sebagai berikut :

$$\hat{Z}(s) = \sum_{i=1}^n w_i Z(s_i) \quad (10)$$

dengan,

$\hat{Z}(s)$ = nilai pendugaan pada lokasi tidak tersampel

w_i = koefisien bobot dari $Z(s_i)$, dengan $\sum_{i=1}^n w_i = 1$

$Z(s_i)$ = nilai pada lokasi tersampel

n = banyak sampel

Untuk memperoleh suatu pendugaan $\hat{Z}(s)$ di titik P dari 3 titik observasi yang diketahui yaitu, Z_1, Z_2, Z_3 dengan bobot masing-masing untuk persamaan *Ordinary Kriging* yaitu : w_1, w_2, w_3 . Untuk memperoleh solusi yang diinginkan, diperlukan 3 persamaan simultan berikut dan ditambahkan dengan 1 persamaan persyaratan yaitu, penjumlahan semua bobot adalah samadengan 1 [5]. Sehingga setelah dijabarkan terdapat 4 persamaan sebagai berikut :

$$w_1\gamma(h_{11}) + w_2\gamma(h_{12}) + w_3\gamma(h_{13}) = \gamma(h_{1p}) \quad (11)$$

$$w_1\gamma(h_{21}) + w_2\gamma(h_{22}) + w_3\gamma(h_{23}) = \gamma(h_{2p}) \quad (12)$$

$$w_3\gamma(h_{31}) + w_3\gamma(h_{32}) + w_3\gamma(h_{33}) = \gamma(h_{3p}) \quad (13)$$

$$w_1 + w_2 + w_3 = 1 \quad (14)$$

Untuk menghasilkan solusi yang memiliki galat penduga minimum ditambahkan suatu variabel slag λ pada persamaan (11), (12), dan (13). Dengan demikian, keempat persamaan di atas menjadi:

$$w_1\gamma(h_{11}) + w_2\gamma(h_{12}) + w_3\gamma(h_{13}) + \lambda = \gamma(h_{1p}) \quad (15)$$

$$w_1\gamma(h_{21}) + w_2\gamma(h_{22}) + w_3\gamma(h_{23}) + \lambda = \gamma(h_{2p}) \quad (16)$$

$$w_3\gamma(h_{31}) + w_3\gamma(h_{32}) + w_3\gamma(h_{33}) + \lambda = \gamma(h_{3p}) \quad (17)$$

$$w_1 + w_2 + w_3 + 0 = 1 \quad (18)$$

Sistem persamaan (15), (16), (17), dan (18) dapat ditulis dalam bentuk matriks sebagai berikut :

$$\begin{pmatrix} \gamma(h_{11}) & \gamma(h_{12}) & \gamma(h_{13}) & 1 \\ \gamma(h_{21}) & \gamma(h_{22}) & \gamma(h_{23}) & 1 \\ \gamma(h_{31}) & \gamma(h_{32}) & \gamma(h_{33}) & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ \lambda \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma(h_{1p}) \\ \gamma(h_{2p}) \\ \gamma(h_{3p}) \\ 1 \end{pmatrix} \quad (19)$$

Atau dapat ditulis sebagai berikut:

$$A w = B \quad (20)$$

Jadi untuk memperoleh w digunakan persamaan berikut :

$$w = A^{-1}B \quad (21)$$

3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder tentang asil Pengukuran Kualitas Udara Ambien Kota Semarang Tahun 2014” yang diperoleh dari Badan Lingkungan Hidup Kota Semarang. Data tersebut berjumlah 28 data yang terdiri dari (X,Y) sebagai koordinat dan kandungan NO₂ di udara. Vriabel penelitian yang digunakan yaitu:

X : Titik koordinat (Bujur)

Y : Titik koordinat (Lintang)

NO₂ : Kandungan NO₂ di udara (μgr/m³)

Tahapan analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menguji apakah data yang digunakan mengandung pencilan atau tidak karena *Ordinary Kriging* dapat diaplikasikan jika data tidak mengandung pencilan. Jika data mengandung pencilan, pencilan tersebut harus dibuang atau tidak diikutsertakan pada saat pengolahan atau analisis data.
2. Menghitung nilai semivariogram eksperimental. Nilai semivariogram eksperimental diperoleh dari titik sampel.
3. Menghitung nilai semivariogram teoritis menggunakan nilai *sill* dan *range* yang didapat dari perhitungan semivariogram eksperimental.
4. Melakukan analisis struktural, yaitu membandingkan nilai semivariogram eksperimental dengan ketiga model semivariogram teoritid dan menentukan model terbaik dengan cara memilih nilai MSE terkecil.
5. Selanjutnya dilakukan pendugaan *Ordinary Kriging*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode *Ordinary Kriging* dapat diaplikasikan terhadap suatu data, dengan syarat data tersebut tidak memiliki pencila. Setelah diolah menggunakan metode *spatial statistics Z test* didapat bahwa data ke 3 dan 25 merupakan pencilan sehingga tidak diikutsertakan dalam penelitian.

Metode *Ordinary Kriging* dapat diaplikasikan pada data yang tidak mengandung *trend*. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data konsentrasi NO₂ di udara, maka dapat dikatakan bahwa data menyebar, sehingga data tidak mengandung *trend*.

Jumlah data yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 26 data. Maka banyak interval kelas yang akan terbentuk untuk menghitung nilai semivariogram eksperimental adalah sebanyak 6 kelas berdasarkan persamaan (6).

Untuk menentukan pasangan data mana saja yang akan masuk kedalam satu kelas, terlebih dahulu dihitung interval jarak dalam satu kelas dengan cara jarak terjauh antar pos dibagi 6, sehingga didapat interval dalam satu kelas sebesar 0,031787.

Langkah seanjutnya menghitung nilai semivariogram eksperimental untuk tiap kelas menggunakan persamaan (5).

Tabel 1. Hasil Perhitungan Semivariogram

Kelas	Jarak	N(h)	Semivariogram
1	0 - 0,031787	46	5,2419
2	0,031788 - 0,063574	102	6,6132
3	0,063575 - 0,095361	91	6,3171
4	0,095362 - 0,127148	59	8,3409
5	0,127149 - 0,158935	17	7,7637
6	0,158936 - 0,190722	10	12,4826

Parameter - parameter tersebut adalah *Sill* dan *Range*. Untuk nilai *Sill* diperoleh dari nilai varian data, yaitu 7,0181. Nilai *Range* diperoleh dari nilai tengah “jarak” yang nilai semivariogramnya mendekati nilai *Sill* atau varian data. Semivariogram yang nilainya paling mendekati nilai *Sill* ada pada kelas 5 yaitu, 7,7637 yang memiliki batas atas 0,127148 dan batas bawah 0,153985. Maka dari itu diperoleh nilai *Range* sebesar 0,143041.

Kedua parameter yang telah diperoleh akan digunakan untuk menghitung semivariogram teoritis. Berdasarkan persamaan (7), maka perhitungan semivariogram teoritis untuk model *spherical*, *eksponensial* dan *gaussian* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Semivariogram Teoritis

Kelas	Jarak (<i>h</i>)	<i>Spherical</i>	<i>Eksponensial</i>	<i>Gaussian</i>
1	0,031787	2,3339	1,3984	0,9664
2	0,063574	4,6348	2,5182	3,1378
3	0,095361	6,8700	3,4149	5,1681
4	0,127148	9,0063	4,1329	6,3623
5	0,158935	7,0181	4,7078	6,8452
6	0,190722	7,0181	5,1681	6,9842

Setelah diperoleh nilai dari masing-masing model, selanjutnya dilakukan perbandingan antara semivariogram eksperimental dengan ketiga model semivariogram teoritis, dan didapat model *spherical* memiliki nilai MSE paling kecil. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model *spherical* adalah model terbaik untuk digunakan dalam pendugaan menggunakan metode *Ordinary Kriging*.

Setelah model semivariogram terbaik dipilih, yaitu *spherical*, selanjutnya digunakan untuk menduga konsentrasi kandungan NO₂ di sejumlah kelurahan di Kota Semarang yang berjumlah 177 kelurahan. Titik pertama yang akan dilakukan pendugaan adalah Kelurahan Ngesrep (110,426475 ; 7,038031) yang dilambangkan dengan titik P.

Untuk memperoleh suatu penduga $\hat{Z}(s)$ di titik P (110,426475 ; 7,038031) dari 26 titik observasi yang diketahui yaitu, $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_{26}$ dengan bobot masing-masing untuk persamaan *Ordinary Kriging* yaitu : $w_1, w_2, w_3, \dots, w_{26}$.

Agar diperoleh solusi yang diinginkan, diperlukan 26 persamaan simultan seperti persamaan (13) dan ditambahkan dengan 1 persamaan persyaratan. Persamaan persyaratan yang dimaksud disini adalah penjumlahan semua bobot sama dengan 1.

Berdasarkan persamaan (23), untuk memperoleh nilai bobot untuk tiap titik tersampel, harus diketahui terlebih dahulu matriks dari A^{-1} . Matriks A^{-1} merupakan invers dari matriks A , dimana merupakan nilai semivariogram teoritis *spherical* dari tiap-tiap pasangan titik tersampel dan vektor B yang merupakan nilai semovariogram teoritis *spherical* antara titik tersampel dengan titik P.

Bobot yang diperoleh dari perkalian matriks di atas akan digunakan untuk melakukan pendugaan kandungan NO₂ pada titik Ngesrep atau yang dilambangkan dengan P (110,4265 ; 7,03803) menggunakan persamaan (12).

Dari perhitungan pada Tabel 3, diperoleh hasil bahwa estimasi kandungan NO₂ pada titik P (110,4265 ; 7,03803) atau titik Ngesrep adalah 2,87641.

Tabel 15. Pendugaan Kandungan NO₂ pada Titik P

No	X	Y	NO ₂	W	(NO ₂)(W)
1	110,465	7,00931	7,53	0,01024	0,07707
2	110,4284	7,05328	2,9	0,35161	1,01968
3	110,3893	6,98228	4,95	0,00118	0,00582
4	110,4075	6,96528	7,67	-0,00162	-0,01244
5	110,4194	6,98383	0,792	-0,00101	-0,00080
6	110,4373	7,00206	3,3	-0,00952	-0,03143
7	110,4397	6,987	5,7	-0,00311	-0,01771
8	110,4089	7,00431	2,77	0,02775	0,07686
9	110,4277	7,02681	3,1	0,55740	1,72794
...
18	110,4074	6,98911	3,59	-0,00308	-0,01107
19	110,4347	6,92518	5,93	-0,00135	-0,00801
20	110,4718	6,95467	10,8	0,00055	0,00594
21	110,4712	7,01081	8,14	0,00129	0,01053
22	110,4125	6,98125	3,46	-0,00110	-0,00380
23	110,4143	7,06025	0,14	0,07304	0,01023
24	110,3593	7,00669	0,69	0,01360	0,00938
25	110,4276	6,94856	2,47	-0,00029	-0,00071
26	110,4771	6,95041	0,182	-0,00160	-0,00029
				Jumlah	2,87641

Untuk mencari kandungan NO₂ di titik yang lainnya, dilakukan tahapan yang sama dengan tahapan yang dilakukan pada titik P. Untuk setiap titik pendugaan akan mempunyai matriks A^{-1} dan matriks B yang berbeda. Sehingga akan menghasilkan bobot-bobot yang berbeda pula untuk melakukan pendugaan.

Hasil pendugaan yang diperoleh sebagai berikut :

Tabel 4. Prediksi Konsentrasi NO₂ per Kelurahan

No	Nama Kelurahan	X	Y	Kandungan NO ₂
1	Ngesrep	110,42648	7,03803	2,87641
2	Srondol Wetan	110,41684	7,06631	0,71229
3	Banyumanik	110,41188	7,07653	0,67248
4	Pudak Payung	110,40982	7,09374	0,91185
...
174	Mangkang Kulon	110,29842	6,95233	0,85279
175	Mangkang Wetan	110,31422	6,96468	2,35092
176	Randu Garut	110,32538	6,96928	2,55950
177	Tugu Rejo	110,35300	6,96801	4,80609

5. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis data dan mengetahui hasil estimasi konsentrasi NO₂ di sejumlah titik menggunakan metode *Ordinary Kriging*, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan semivariogram eksperimental didapatkan nilai 2 parameter penting, yaitu *sill* sebesar 7,0181 dan *range* sebesar 0,143041.
2. Model semivariogram teoritis yang paling mendekati model dari data kandungan NO₂ di udara adalah model *spherical*.
3. Kandungan NO₂ tertinggi berada di Kelurahan Gebangsari sebesar 8,49155, dan kandungan NO₂ terendah berada di Kelurahan Patemon sebesar 0,16627.
4. Baku mutu untuk NO₂ adalah sebesar 100µg/Nm³ per tahun yang tercatat di dalam Baku Mutu Udara Ambien Nasional. Setelah dilihat dari hasil pendugaan pada Tabel 18, dapat disimpulkan bahwa Konsentrasi NO₂ di kota Semarang masih jauh di bawah batas Baku Mutu Udara Ambien Nasional.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cressie, N. A. C. (1993) *Statistics For Spatial Data*. New York: John Wiley and Sons, Inc
- [2] Fridayani, N. M. S., Kencana, P. E. N., dan Sukarsa, K. G. (2012). Perbandingan Interpolasi Spasial Dengan Metode Ordinary dan Robust Kriging pada Data Spasial Berpencilan (Studi Kasus: Curah Hujan di Kabupaten Karangasem). *E-Jurnal Matematika*. 1(1): 68-74.
- [3] Hadiwidodo, M. dan Huboyo, H. S. (2006). Pola Penyebaran Gas NO₂ di Udara Ambien. *Jurnal PRESIPITASI* Vol.1 No.1, ISSN 1907-187X.
- [4] Harinaldi (2005). *Prinsip – prinsip Statistika Untuk Teknik dan Sains*. Erlangga, Jakarta
- [5] Isaaks, E. H. & Srivastava, R. M. (1989). *Applied Geostatistics*. Oxford University Press, New York.
- [6] Olea, R. A. (1999). *Geostatistics for Engineers and Earth Scientists*. Kluwer Academic Publishers. United States of America.
- [7] Puntodewo. (2003), *Sistem Informasi Geografis untuk Pengelolaan Sumber Daya Alam*, CIFOR, Indonesia.
- [8] Webster, R. dan Oliver, M.A. (2007). *Geostatistics for Enviromental Scientists*. 2nd Ed., John Willey and Sons, UK., ISBN-13: 9780470209394
- [9] Wiharja. (2002). Identifikasi Kualitas Gas SO₂ di Daerah Industri Pengecoran Logam Ceper. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol. 3 No. 3: 251-255.