

METODE *ROBUST KRIGING* UNTUK MENGESTIMASI

DATA SPASIAL BERPENCILAN

(Studi Kasus: Pencemaran Udara Gas NO₂ di Kota Semarang)



SKRIPSI

Disusun Oleh :

ANJAN SETYO WAHYUDI

24010212130055

DEPARTEMEN STATISTIKA

FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2016

**METODE *ROBUST KRIGING* UNTUK MENGESTIMASI
DATA SPASIAL BERPENCILAN
(Studi Kasus: Pencemaran Udara Gas NO₂ di Kota Semarang)**

**Disusun Oleh :
ANJAN SETYO WAHYUDI
24010212130055**

Tugas Akhir sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Sains pada Departemen Statistika

**DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2016**

HALAMAN PENGESAHAN I

Judul : Metode *Robust Kriging* Untuk Mengestimasi Data Spasial
Berpencilan
(Studi Kasus: Pencemaran Udara Gas NO₂ di Kota Semarang)

Nama : Anjan Setyo Wahyudi

NIM : 24010212130055

Departemen : Statistika

Telah diujikan pada sidang Tugas Akhir tanggal 9 Juni 2016 dan dinyatakan lulus pada tanggal 17 Juni 2016.

Semarang, Juni 2016

Mengetahui,

Ketua Departemen Statistika
Fakultas Sains dan Matematika Undip



Panitia Penguji Ujian Tugas Akhir

Ketua,

Drs. Sudarno, M.Si
NIP. 196407091992011001

HALAMAN PENGESAHAN II

Judul Skripsi : Metode *Robust Kriging* Untuk Mengestimasi Data Spasial

Berpencilan

(Studi Kasus: Pencemaran Udara Gas NO₂ di Kota Semarang)

Nama : Anjan Setyo Wahyudi

NIM : 24010212130055

Departemen : Statistika

Telah diujikan pada sidang Tugas Akhir tanggal 9 Juni 2016 dan dinyatakan lulus pada tanggal 17 Juni 2016.

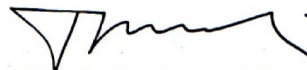
Semarang, Juni 2016

Pembimbing I



Sugito, S.Si, M.Si
NIP. 197610192005011001

Pembimbing II



Dra. Dwi Isprivanti, M.Si
NIP. 195709141986032001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir dengan judul “Metode *Robust Kriging* Untuk Mengestimasi Data Spasial Berpencilan”.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan dukungan yang diberikan beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ibu Dra. Dwi Ispriyanti, M.Si sebagai Ketua Departemen Statistika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro dan juga selaku dosen pembimbing II.
2. Bapak Sugito, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing I.
3. Bapak dan Ibu dosen Departemen Statistika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro
4. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan penulisan selanjutnya.

Semarang, Juni 2016

Penulis

ABSTRAK

Kriging merupakan analisis data geostatistika yang digunakan untuk mengestimasi besarnya nilai yang mewakili suatu titik yang tidak tersampel berdasarkan titik-titik tersampel yang berada di sekitarnya dengan mempertimbangkan korelasi spasial. Mengestimasi dengan cara interpolasi dapat menghasilkan nilai prediksi yang kurang presisi jika terdapat pencilan dalam data spasial. Pencilan merupakan nilai pengamatan yang berbeda (ekstrim) dari nilai pengamatan lainnya. Metode *robust kriging* merupakan pengembangan dari metode *ordinary kriging* yang mentransformasikan bobot semivariogram klasik menjadi semivariogram yang *robust* terhadap pencilan dalam data. Dalam penelitian ini akan dilakukan estimasi konsentrasi senyawa kimia gas Nitrogen Dioksida (NO_2) di Kota Semarang menggunakan metode *robust kriging*. Data yang digunakan berupa titik koordinat dan konsentrasi senyawa kimia gas NO_2 . Metode ini membandingkan nilai semivariogram *robust* dengan beberapa model semivariogram teoritis (*spherical*, *exponential*, dan *gaussian*) untuk mendapatkan model semivariogram teoritis terbaik yang akan digunakan untuk melakukan estimasi. Berdasarkan analisis diperoleh model semivariogram teoritis yang terbaik yaitu model *exponential*. Estimasi konsentrasi senyawa kimia gas NO_2 dilakukan pada 177 kelurahan di Kota Semarang.

Kata Kunci: *kriging*, pencilan, *robust kriging*, semivariogram *robust*

ABSTRACT

Kriging is a geostatistical analysis used to estimate the value of the function at an unsampled point by computing a spatial correlation in the neighbourhood of the sample point. Interpolation can produce less precise predictive value if there are outliers among the data. Outliers defined as extreme observation value of the other observation values. Robust kriging is development method of ordinary kriging which transform weight of classic semivariogram thus become semivariogram that robust to outlier of the data. This research aims to estimate the concentrate of Nitrogen Dioxide (NO₂) in Semarang using robust kriging method. The spatial data used in this research is coordinates point and concentrate of Nitrogen Dioxide (NO₂). This method compare between robust semivariogram and theoretical semivariogram (such as spherical, exponential, and gaussian models) to determine the best estimator of the theoretical semivariogram model. The analysis showed that the best theoretical semivariogram model is exponential model. The estimation of Nitrogen Dioxide concentration conducted at 177 urban communities in Semarang.

Keywords: kriging, outliers, robust kriging, robust semivariogram

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN I	ii
HALAMAN PENGESAHAN II	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Data Spasial	6
2.1.1 Data Geostatistik	7
2.1.2 Data Area	8
2.1.3 Pola Titik	8
2.2 Pencilan Spasial	9

2.3	Variogram dan Semivariogram	10
2.3.1	Variogram dan Semivariogram Eksperimental	12
2.3.2	Semivariogram Teoritis	13
2.4	Kriging	16
2.5	Robust Kriging	18
2.6	Estimasi Robust Kriging	19
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Sumber Data	22
3.2	Variabel Penelitian	22
3.3	Langkah Analisis Data	23
3.4	Diagram Alir Analisis	24
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHSAN		
4.1	Deskripsi Data	25
4.2	Pendeteksian <i>Outlier</i> Spasial	27
4.3	Analisis Semivariogram <i>Robust</i>	32
4.4	Analisis Model Semivariogram Teoritis	42
4.5	Analisis Struktural	47
4.6	Estimasi Konsentrasi Gas NO ₂	50
BAB V KESIMPULAN		57
DAFTAR PUSTAKA		59
LAMPIRAN		61

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Struktur Data	22
Tabel 2. Deskripsi Data Penelitian	26
Tabel 3. Pos yang Berdekatan	29
Tabel 4. Pendeteksian <i>Outlier</i> Spasial	31
Tabel 5. Pengelompokan Kelas Semivariogram <i>Robust</i>	34
Tabel 6. Pasangan Data Kelas 1	35
Tabel 7. Pasangan Data Kelas 2	36
Tabel 8. Pasangan Data Kelas 3	37
Tabel 9. Pasangan Data Kelas 4	38
Tabel 10. Pasangan Data Kelas 5	39
Tabel 11. Pasangan Data Kelas 6	40
Tabel 12. Semivariogram <i>Robust</i> gas NO ₂	41
Tabel 13. Semivariogram Teoritis	47
Tabel 14. Nilai MSE Semivariogram <i>Robust</i> dengan Model <i>Spherical</i>	49
Tabel 15. Nilai MSE Semivariogram <i>Robust</i> dengan Model <i>Exponential</i>	49
Tabel 16. Nilai MSE Semivariogram <i>Robust</i> dengan Model <i>Gaussian</i>	50
Tabel 17. Estimasi Konsentrasi Gas NO ₂ di Kelurahan Pleburan	54
Tabel 18. Estimasi Konsentrasi Gas NO ₂ Masing-masing Kelurahan	55

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Komponen Semivariogram	12
Gambar 2. Model Semivariogram Teoritis	16
Gambar 3. Diagram Alir Analisis	24
Gambar 4. Plot Titik Data Pengamatan	26
Gambar 5. Plot Semivariogram <i>Robust</i>	41
Gambar 6. Plot Semivariogram <i>Robust</i> dan Teoritis	48

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Penelitian	61
Lampiran 2. Matriks Jarak Data Tersampel	62
Lampiran 3. Semivariogram <i>Robust</i> Pasangan Data Kelas 1	63
Lampiran 4. Semivariogram <i>Robust</i> Pasangan Data Kelas 2	65
Lampiran 5. Semivariogram <i>Robust</i> Pasangan Data Kelas 3	68
Lampiran 6. Semivariogram <i>Robust</i> Pasangan Data Kelas 4	71
Lampiran 7. Semivariogram <i>Robust</i> Pasangan Data Kelas 5	73
Lampiran 8. Semivariogram <i>Robust</i> Pasangan Data Kelas 6	74
Lampiran 9. Matriks Jarak Data Tersampel dan Titik Kelurahan Pleburan	75
Lampiran 10. Nilai Bobot Pada 177 Kelurahan di Kota Semarang	76
Lampiran 11. Estimasi Konsentrasi Gas NO ₂ Menggunakan <i>Robust Kriging</i>	92

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Udara bersih yang dihirup merupakan suatu gas yang tidak tampak, tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak berasa. Namun, dewasa ini udara yang benar-benar bersih sudah sangat sulit untuk diperoleh, mengingat banyaknya industri-industri di kota-kota besar serta ditambah oleh polusi padatnya asap kendaraan. Menurut Wardhana (2001), udara merupakan campuran beberapa macam gas yang perbandingannya tidak tetap, tergantung pada keadaan suhu udara, tekanan udara, dan lingkungan sekitarnya. Udara merupakan atmosfer yang berada di sekeliling bumi yang fungsinya sangat penting bagi kehidupan di dunia ini.

Menurut Wardhana (2001), komposisi udara bersih terdiri dari nitrogen (N_2) sebesar 78,09 %, oksigen (O_2) sebesar 21,94 %, argon (Ar) sebesar 0,93 %, dan karbon dioksida CO_2 sebesar 0,032 %. Gas-gas lain yang terdapat dalam udara antara lain gas mulia, nitrogen oksida, hydrogen, methane, belerang oksida, ammonia, dan lain-lain. Apabila komponen udara mengalami perubahan dari keadaan normal seperti tersebut diatas maka dapat dikatakan bahwa udara telah tercemar.

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya (PP Nomor 41 Tahun 1999). Salah satu sumber

pencemar udara yaitu senyawa kimia gas nitrogen dioksida (NO_2). Sifat gas (NO_2) adalah berwarna merah kecoklatan dan berbau tajam menyengat hidung. Menurut Suharto (2011), senyawa kimia gas nitrogen dioksida (NO_2) mempunyai dampak negative terhadap pertumbuhan tanaman pangan, pemanasan global (*global warming*), korosi terhadap alat dan mesin logam, dan pembentukan kabut berbahaya. Senyawa kimia gas nitrogen dioksida (NO_2) yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor dan industri dapat menyebabkan gangguan kesehatan bagi manusia seperti penyakit asma, *bronchitis* kronis dan gangguan pernafasan jika kadar senyawa kimia gas nitrogen dioksida (NO_2) cukup tinggi dalam waktu kurang dari 3 jam. Menurut Wardhana (2001), kadar senyawa kimia gas nitrogen dioksida (NO_2) di udara pada daerah perkotaan yang berpenduduk padat akan lebih tinggi dari daerah pedesaan yang memiliki jumlah penduduk yang lebih sedikit. Hal ini disebabkan karena berbagai macam kegiatan yang menunjang kehidupan manusia akan menambah kadar dari gas NO_2 di udara, seperti transportasi, generator, pembangkit listrik, pembuangan sampah dan lain-lain.

Untuk mengetahui tingkat kadar dari senyawa kimia gas NO_2 tersebut, Badan Lingkungan Hidup (BLH) telah melakukan suatu pengukuran terhadap gas tersebut. Namun, dikarenakan keterbatasan dari sumber daya manusia dan keterbatasan dana tidak banyak titik yang dapat dilakukan pengukuran terkait kadar gas NO_2 . Kadar gas NO_2 berbeda pada setiap daerahnya dan berubah pada setiap tahunnya sehingga komponen ruang atau *spatial* merupakan bagian yang berpengaruh dalam kadar gas NO_2 dalam udara tersebut. Oleh karena itu, untuk

mengetahui kadar gas NO₂ pada suatu titik tertentu yang tidak dilakukan pengukuran digunakanlah suatu metode interpolasi geostatistik.

Geostatistik merupakan gabungan ilmu antara geologi, teknik, matematika, dan statistika (Cressie, 1993). Geostatistik berfokus pada data spasial, yaitu data yang menyajikan posisi geografis suatu objek. Menurut Fernandes (2009), metode *kriging* merupakan teknik geostatistik untuk interpolasi nilai di lokasi yang tidak teramati dari pengamatan dan nilainya diperoleh dari lokasi terdekat. Istilah *Kriging* ini sendiri diambil dari nama seorang insinyur pertambangan yang berasal dari Afrika Selatan, yaitu D.G. Krige. *Kriging* juga dapat diartikan sebagai metode untuk menangani variabel terregionalisasi. Menurut Awali (2013), variabel terregionalisasi adalah variabel yang mempunyai nilai yang berbeda dengan berubahnya lokasi atau tempat. Menurut Geoff Bohling (2005), ada beberapa metode *kriging* yang dikembangkan seperti *simple kriging*, *ordinary kriging*, dan *universal kriging*. Ketiga metode ini membutuhkan asumsi bahwa data berdistribusi normal. Namun sering kali pada kenyataannya data yang diperoleh tidak berdistribusi normal dan terdapat pencilan atau *outlier*.

Pencilan adalah nilai yang tidak konsisten dari nilai amatan lainnya dalam satu kelompok data (Hawkins, 1980). Pengujian data pencilan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *spatial Z-test*. Yang mempertimbangkan jarak antar titik amatan. Salah satu metode yang dapat mengakomodir adanya pencilan spasial adalah metode *robust kriging*. Menurut Cressie (1993), *robust kriging* merupakan pengembangan dari *ordinary kriging* yang mentransformasikan bobot

variogram pada variogram klasik menjadi variogram yang *robust* terhadap pencilan.

Semivariogram merupakan suatu perangkat yang digunakan untuk menggambarkan, memodelkan, dan menghitung korelasi spasial antara variabel random $Z(s)$ dan $Z(s + h)$. Nilai semivariogram tersebut akan digunakan untuk melakukan estimasi nilai pada data spasial yang belum tersampel. Besar nilai semivariogram adalah setengah dari nilai variogram (Cressie, 1993).

Pada penelitian ini data yang akan digunakan adalah data pencemaran udara (NO_2) di wilayah Semarang. Data yang digunakan dalam penelitian ini tidak mengandung *trend*, tetapi mengandung pencilan sehingga metode yang digunakan adalah metode *robust kriging*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana model semivariogram terbaik yang didapatkan untuk konsentrasi senyawa kimia gas NO_2 di Kota Semarang?
2. Bagaimana nilai estimasi konsentrasi senyawa kimia gas NO_2 pada masing-masing kelurahan di Kota Semarang dengan menggunakan metode *Robust Kriging*?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah rata-rata konsentrasi senyawa kimia gas polutan nitrogen dioksida (NO_2) di udara yang diperoleh dari Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Semarang dari tahun 2014 sampai 2015. Metode yang digunakan untuk menganalisis data tersebut adalah metode *Robust Kriging*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui model semivariogram terbaik untuk konsentrasi senyawa kimia gas NO_2 di Kota Semarang.
2. Mengetahui nilai estimasi konsentrasi senyawa kimia gas NO_2 pada masing-masing kelurahan di Kota Semarang dengan menggunakan metode *Robust Kriging*.