

METODE INTERPOLASI SPASIAL DALAM STUDI GEOGRAFI (Ulasan Singkat dan Contoh Aplikasinya)

Oleh:

Bambang Syaeful Hadi

Jurusan Pendidikan Geografi, FIS, UNY

bb_saifulhadi@lycos.com

Abstrak

Dunia nyata sebagai objek kajian berbagai macam disiplin terlalu kompleks untuk dipahami, sehingga untuk keperluan pemahaman tersebut diperlukan pemodelan. Pemodelan yang diterapkan pada suatu wilayah tertentu dikenal dengan pemodelan spasial. Pemodelan spasial sering kali menghadapi kendala tidak lengkapnya data. Untuk mengatasi ketidaklengkapan data tersebut kemudian dilakukan interpolasi. Interpolasi spasial diperlukan dalam studi geografi, karena geografi memerlukan analisis spasial untuk memperoleh informasi suatu fenomena di suatu wilayah. Interpolasi memiliki banyak ragam metode, yang asing-masing memiliki karakteristik, dengan segala kelebihan dan kekurangannya untuk diterapkan pada berbagai medan yang kondisinya variatif. Metode interpolasi yang biasa digunakan dalam berbagai kajian secara garis besar diklasifikasikan menjadi 3, yakni: (1) metode interpolasi global dan lokal, (2) metode interpolasi eksak dan nun-eksak, dan (3) metode interpolasi determenistik dan stochastik. Masing-masing metode tersebut juga memiliki ragam yang lebih spesifik untuk diterapkan pada berbagai jenis medan. Dalam paper singkat ini dikemukakan berbagai metode tersebut disertai dengan penjelasan singkat dan contohnya.

Kata kunci: interpolasi spasial, ragam, aplikasi

INTERPOLATION SPATIAL METHOD IN THE STUDY OF GEOGRAPHY (A brief review and examples of application)

Abstract

The real world as the object of study for many different disciplines is too complex to understand. Therefore, it requires a modeling to understand. The modeling applied to a specific region known as spatial modeling. This modeling often gets problem of insufficient data. To overcome this problem, interpolation is performed. Spatial interpolation is needed in the study of geography because geography requires spatial analysis to obtain information of a phenomenon in a region. There are many types of interpolation methods in which each has its own characteristics, with all strengths and weaknesses to be applied in various fields and conditions. Interpolation methods which are often used in many studies can be classified into three, namely: (1) global and local interpolation method, (2) exact and non-exact interpolation method, and (3) determenistik and stochastik interpolation method. Moreover, each of these methods has more specific types to be applied to a variety of fields. This short paper presents various methods of interpolation and its examples.

Keywords: spatial interpolation, types, the application

Pendahuluan

Untuk keperluan penyusunan model suatu fenomena di satu wilayah diperlukan data beberapa komponen data pendukung. Pada kenyataannya, sering kali seorang peneliti dihadapkan pada ketidaklengkapan data yang diperlukan. Di samping itu kondisi lingkungan setempat tidak memungkinkan untuk diterapkannya satu formula dengan hasil yang akurat. Untuk menyiasatinya, maka dilakukan interpolasi. Permasalahan lain yang sering kali menghambat satu survei adalah cakupan wilayah yang cukup luas dengan berbagai kondisi fisiografis, keterbatasan waktu dan dana, sehingga untuk keperluan efisiensi dan efektivitas, maka kajian dilakukan dengan menggunakan sampel.

Pertimbangan kondisi lingkungan, fisiografis, keterbatasan data dari berbagai titik di permukaan bumi ini dapat menghambat penyusunan model. Selanjutnya untuk menyusun suatu model yang baik disiasati dengan melakukan interpolasi. Interpolasi merupakan suatu metode atau fungsi matematika untuk menduga nilai pada lokasi-lokasi yang datanya tidak tersedia. Menurut Burrough and McDonell (1998), interpolasi adalah proses memprediksi nilai pada suatu titik yang bukan merupakan titik sampel, berdasarkan pada nilai-nilai dari titik-titik di sekitarnya yang berkedudukan sebagai sampel. Penentuan nilai baru didasarkan pada data yang ada pada titik-titik sampel pengamatan (lihat gambar 2). Tanpa adanya langkah interpolasi ini, maka analisis spasial tidak dapat dilakukan secara akurat.

Dalam konteks pemetaan, interpolasi merupakan proses estimasi nilai pada wilayah-wilayah yang tidak disampel atau diukur untuk keperluan penyusunan peta atau sebaran nilai pada seluruh wilayah yang dipetakan. Interpolasi spasial mempunyai dua asumsi yakni atribut data bersifat kontinu di dalam ruang (*space*) dan atribut tersebut saling berhubungan (*dependence*) secara spasial (Anderson, 2001). Kedua asumsi tersebut berimplikasi pada logika bahwa pendugaan atribut data dapat dilakukan berdasarkan data dari lokasi-lokasi di sekitarnya dan nilai pada titik-titik yang berdekatan akan lebih mirip daripada nilai dari titik-titik yang berjauhan (Prasasti, Wijayanto, Christanto, 2005). Hal ini sesuai pula dengan hukum Tobler pertama. Untuk melakukan interpolasi spasial diperlukan data dari titik-titik kontrol (sampel), sehingga nilai dari titik yang tidak diketahui nilainya dapat destinasikan. Posisi titik-titik kontrol untuk interpolasi spasial dan nilai data dapat diilustrasikan oleh Gambar 1 dan 2.

Metode Interpolasi

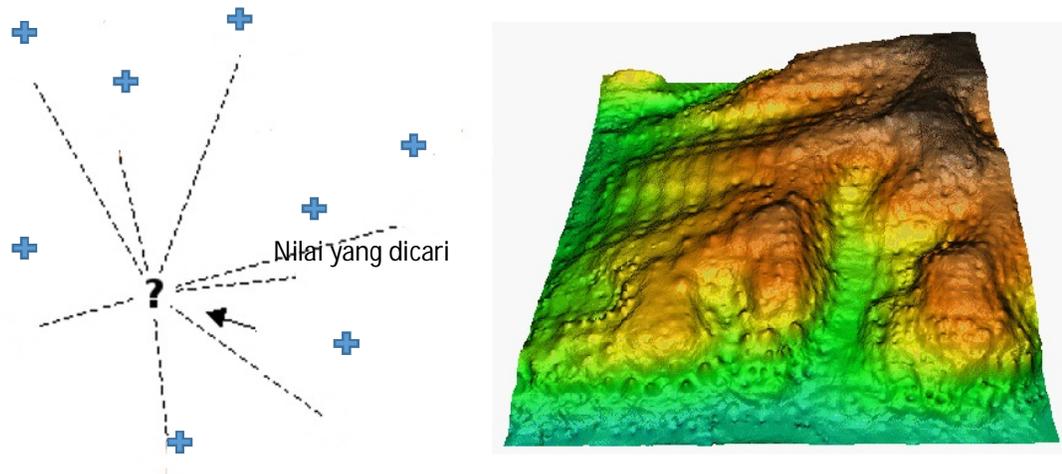
Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk melakukan interpolasi spasial. Menurut Demers (2000), interpolasi spasial dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yakni *global and local interpolation*, *exact interpolation and inexact interpolation*, *deterministic and stochastic interpolation*.

1. Interpolasi Global and lokal

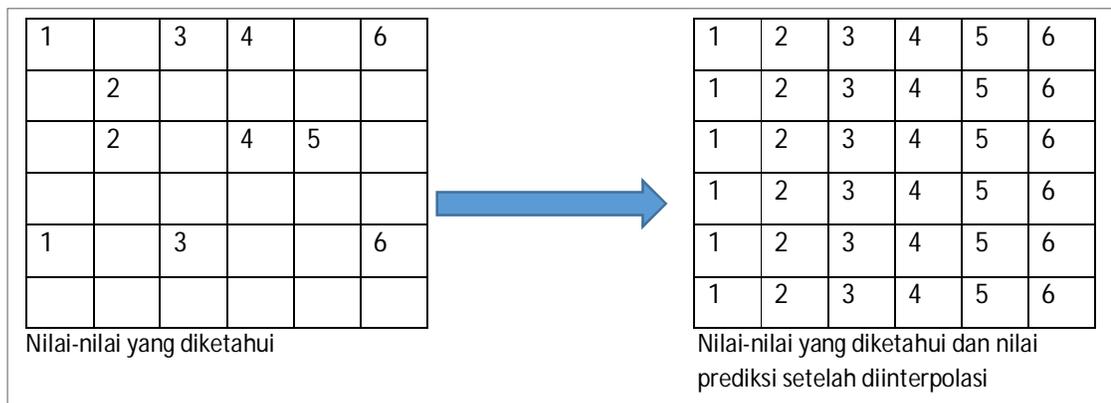
a. Interpolasi global

Interpolasi global menggunakan semua titik kontrol yang tersedia. Cukup memadai untuk diterapkan pada medan yang tidak menunjukkan variasi yang kompleks. Interpolasi ini memiliki asumsi bahwa autokorelasi spasial baik pada skala regional. Estimasi yang diperoleh lebih bersifat umum. Contoh penggunaan

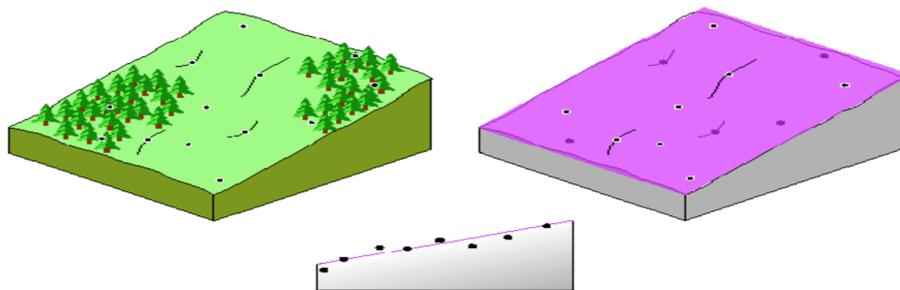
interpolasi global dengan *trend surface* orde pertama (polynomial):
 $Z_{xy} = b_0 + b_1x + b_2y$



Gambar 1. Ilustrasi sederhana posisi titik-titik yang akan diinterpolasi spasial

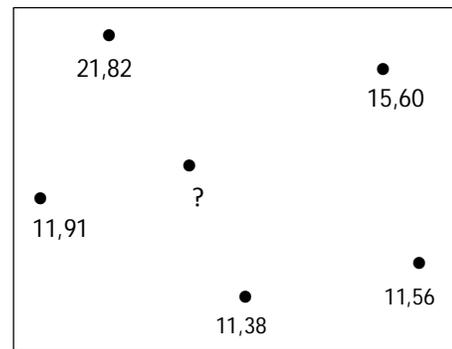


Gambar 2. Interpolasi sebagai prosedur untuk memprediksi nilai-nilai yang tidak diketahui berdasarkan nilai-nilai yang diketahui dari titik-titik yang diketahui



Gambar 3. Permukaan yang sesuai untuk interpolasi global orde satu

Titik	x	y	nilai
1	79	76	21,82
2	69	64	11,91
3	85	52	11,38
4	96	73	15,60
5	98	53	11,56
0	79	77	?



Gambar 4. Contoh data untuk tindakan interpolasi global

Berdasarkan persamaan di atas selanjutnya dapat diturunkan persamaan berikutnya:

- Menyusun persamaan

$$\sum z = b_0 n + b_1 \sum x + b_2 \sum y$$

$$\sum xz = b_0 \sum x + b_1 \sum x^2 + b_2 \sum xy$$

$$\sum yz = b_0 \sum y + b_1 \sum xy + b_2 \sum y^2$$

- Menuliskan kembali persamaan di atas dalam bentuk matriks

$$\begin{bmatrix} n & \sum x & \sum y \\ \sum x & \sum x^2 & \sum xy \\ \sum y & \sum xy & \sum y^2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum z \\ \sum xz \\ \sum yz \end{bmatrix}$$

- Menghitung data dari titik-titik yang telah ada

X	Y	Z	X ²	Y ²	XY	XZ	YZ
79	86	21,82	6241	7396	6794	1723,78	1876,52
69	74	11,91	4761	5476	5106	821,79	881,34
85	62	11,38	7225	3844	5270	967,3	705,56
96	83	15,61	9216	6889	7968	1498,56	1295,63
98	63	11,56	9604	3969	6174	1132,88	728,28
427	368	72,28	37047	27574	31312	6144,32	5487,33

$$\sum X = 427$$

$$\sum Y = 368$$

$$\sum Z = 72,28$$

$$\sum X^2 = 37047$$

$$\sum Y^2 = 27574$$

$$\sum XY = 31312$$

$$\sum YZ = 6144,32$$

$$\sum XZ = 5487,33$$

- Masukkan nilai-nilai dari lima titik dalam matriks

$$\begin{bmatrix} 5 & 427 & 368 \\ 427 & 37047 & 31312 \\ 368 & 31312 & 27574 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 72,28 \\ 5487,33 \\ 6144,32 \end{bmatrix}$$

5. Hitunglah koefisien b

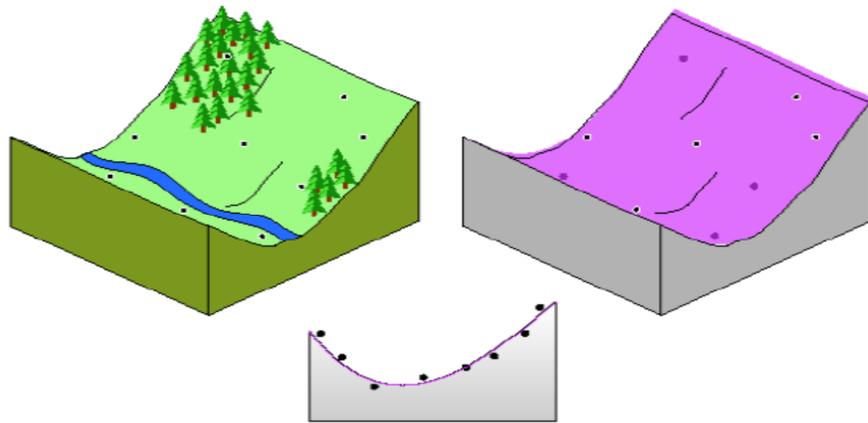
$$\begin{bmatrix} 30,32085 & -0,18541 & -0,19411 \\ -0,18541 & 0,001805 & 0,000425 \\ -0,19411 & 0,000425 & 0,002144 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 72,28 \\ 5487,33 \\ 6144,32 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -12,7978 \\ 0,019956 \\ 0,347140 \end{bmatrix}$$

6. Menggunakan koefisien b untuk menghitung nilai "z" untuk beberapa titik (X,Y), dalam hal ini adalah (79, 77), dengan menggunakan persamaan

$$Z_{xy} = b_0 + b_1x + b_2y$$

$$\begin{aligned} Z_0 &= -12,7978 + 0,01996 (79) + 0,347 (77) \\ &= 15,50 \end{aligned}$$

Untuk melakukan interpolasi pada permukaan alami yang kompleks maka perlu dilakukan dengan menggunakan *trend surface* orde yang lebih tinggi (lihat gambar x)

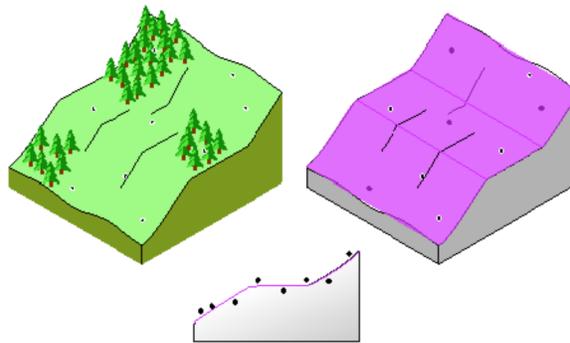


Gambar 5. Permukaan alami yang cukup kompleks

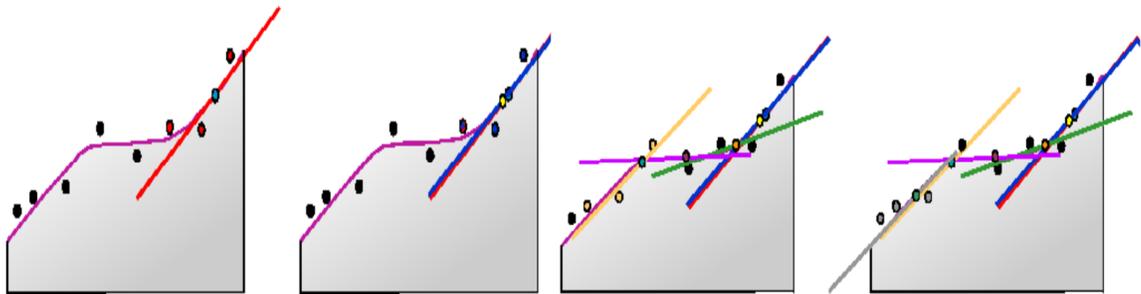
Perhitungan interpolasi dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Z_{x,y} = b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy + b_5y^2 + b_6x^3 + b_7x^2y + b_8xy^2 + b_9y^3$$

Interpolasi lokal hanya menggunakan sampel titik-titik kontrol. Metode ini sesuai untuk medan yang menunjukkan variasi yang kompleks. Asumsi dari metode ini adalah autokorelasi spasial baik pada skala lokal. Nilai-nilai hasil estimasi lebih bersifat lokal. Prosedur umum untuk mengidentifikasi titik-titik akan destinasi mencakup langkah-langkah (1). Sebuah wilayah pencarian (bertetangan) didefinisikan sekitar titik; (2). Titik-titik sampel dalam area penelitian diidentifikasi; (3). Sebuah fungsi matematika yang dipilih untuk memodelkan variasi lokal antara titik-titik; (4). Nilai data untuk titik diperkirakan dari fungsi.



Gambar 6. Permukaan bumi yang memerlukan interpolasi lokal



Gambar 7. Skema posisi titik kontrol untuk interpolasi lokal

Interpolasi lokal setidaknya dapat dilakukan melalui beberapa cara, antara lain dengan metode:

1. Tren (polynomial) lokal

Polinomial lokal merupakan lawan dari polinomial global, dimana polinomial lokal dapat diterapkan untuk merepresentasikan permukaan sebagaimana diilustrasikan gambar 6.

2. Poligon Theissen

Poligon Theissen, yang disebut juga metode proximal merupakan suatu upaya memberikan bobot data titik-titik di suatu area. Sebagai contoh untuk interpolasi lokal untuk data presipitasi. Langkahnya adalah sejumlah segitiga digambar dengan cara menghubungkan titik-titik kontrol (misalnya, stasiun meteorologi) menggunakan teknik triangulasi Delaunay (juga digunakan untuk TIN). Garis ditarik tegak lurus terhadap sisi segitiga di titik tengah. Poligon didefinisikan oleh persimpangan (interaksi) dari garis-garis. Nilai-nilai untuk titik kontrol ditugaskan untuk merepresentasikan poligon

3. Estimasi kepadatan

Fungsi kepadatan sederhana menggambarkan jumlah poin/ukuran sel (misalnya, 10.000 m²) (ditampilkan dalam warna-warna tertentu, misal abu-abu), ukuran lingkaran berpusat di pusat ukuran sel. Metode lain yang termasuk metode estimasi kepadatan adalah *Kernel Density Estimation*. Fungsi densitas kernel adalah alternatif yang umum digunakan.

4. Inverse Distance Weighted (IDW)

Metode IDW merupakan metode interpolasi konvensional yang memperhitungkan jarak sebagai bobot. Jarak yang dimaksud disini adalah jarak (datar) dari titik data (sampel) terhadap blok yang akan diestimasi. Jadi semakin dekat jarak antara titik sampel dan blok yang akan diestimasi maka semakin besar bobotnya, begitu juga sebaliknya.

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^S Z_i \frac{1}{d_i^k}}{\sum_{i=1}^S \frac{1}{d_i^k}}$$

Z_0 = Perkiraan nilai pada titik 0

Z_i = Apakah nilai z pada titik kontrol i

d_i = Jarak antara titik i dan titik 0

k = Semakin besar k , semakin besar pengaruh poin tetangga.

S = jumlah titik S yang digunakan

Contoh: jika terdapat titik A, B, C, D, dengan nilai asing-masing 20,82, 10,91, 10,38, 14,60, 10,56, maka nilai Z_0 dapat dicari sebagai berikut:

Z_1	d_1	d_1^2	$1/(d_1^2)$	$Z_1 \times 1/(d_1^2)$
20,82	18	324	0,0031	0,06426
10,91	20,88	435,97	0,0023	0,02502
10,38	32,31	1043,90	0,0010	0,00994
14,60	36,05	1299,60	0,0008	0,01123
10,56	47,20	2227,80	0,0004	0,00474
Jumlah			0,0076	0,11520

Z_1	Titik antara	jarak (d_1)
20,82	0,1	18
10,91	0,2	20,88
10,38	0,3	32,31
14,60	0,4	36,05
10,56	0,5	47,20

Jika diasumsikan $k=2$, maka

$$\sum Z_i \times 1/(d_i^2) = (20,820)(1/18.000)^2 + (10,910)(1/20,880)^2 + (10,380)(1/32,310)^2 + (14,600)(1/36,056)^2 + (10,560)(1/32,310)^2 = 0,1152$$

$$\sum 1/(d_i^2) = (1/18000)^2 + (1/20.880)^2 + (1/32.310)^2 + (1/36.056)^2 + (1/47,202)^2 = 0,0076$$

$$Z_0 = 0,1152/0,0076 = 15,158$$

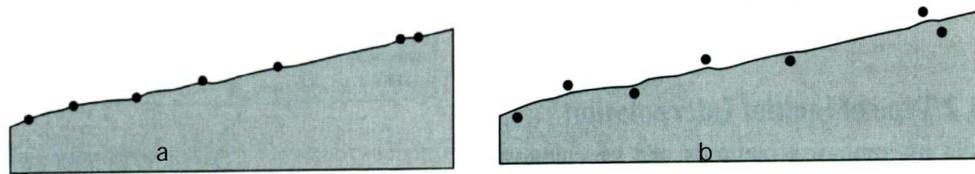
5. Radial Basis Function (RBF) Splines

Metode ini merupakan metode interpolasi eksak yang melibatkan sekelompok besar titik kontrol. Perbedaan antar titik kontrol pada setiap permukaan harus sesuai. Setiap RBF juga memiliki parameter yang mengontrol kesesuaian dihasilkan

pada setiap permukaan. Atas dasar ketatnya persyaratan ini, sehingga perbedaan antara output dari metode ini adalah kecil. RBF banyak digunakan untuk peramalan data time series musiman, seperti curah hujan, debit sungai, produksi tanaman pertanian, dan lain-lain.

2. *Exact interpolation and inexact interpolation*

Interpolasi eksak merupakan cara memprediksi nilai pada titik kontrol yang sama dengan nilai yang diobservasi. Interpolasi menghasilkan permukaan yang lewat titik kontrol (lihat gambar 3a). Sedangkan *inexact interpolation* digunakan untuk memprediksi nilai untuk titik kontrol yang berbeda dari nilai yang diamati (lihat gambar 3b)



Gambar 3. Titik-titik kontrol untuk interpolasi exact (a) dan inexact (b)

3. *Deterministic and stochastic interpolation.*

Interpolasi deterministik tidak ada penilaian kesalahan dengan nilai prediksi. Contoh model deterministik sederhana adalah *Inverse Distance Weighted (IDW)*. Asumsi dari metode IDW adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang berdekatan lokasinya daripada data yang lokasinya lebih jauh.

Contoh klasifikasi metode interpolasi spasial dapat dilihat pada tabel berikut:

Global		Lokal	
Deterministik	Stochastik	Deterministik	Stochastik
Trend surface (inexact)	Regression (inexact)	Thiessen (exact) Density estimation (inexact) Inverse distance Weights (exact) Splines (exact)	Kriging (exact)

Sumber: Demers, 2006

Esri (2004) mempunyai klasifikasi metode interpolasi yang berbeda dengan klasifikasi di atas. Menurutnya teknik interpolasi deterministik dapat dibagi menjadi dua kelompok, global dan lokal. Teknik global melakukan hitungan untuk prediksi menggunakan seluruh dataset. Teknik lokal menghitung prediksi dari titik-titik yang diukur (sampel) dalam lingkungan, yang ukurannya wilayahnya lebih kecil-kecil secara spasial dalam wilayah penelitian yang lebih besar. Analisis geostatistik menyediakan Polinomial global sebagai interpolator global dan Jarak Inverse Tertimbang, Polinomial Lokal, dan Basis Fungsi Radial sebagai interpolators lokal.

Sebuah interpolasi deterministik dapat menghasilkan model permukaan dengan cara mengetahui nilai data atau tidak. Sebuah teknik interpolasi yang memprediksi nilai yang identik dengan nilai yang diukur pada lokasi sampel dikenal sebagai interpolator eksakta. Interpolator ineksakta memprediksi nilai yang berbeda dari nilai yang terukur.

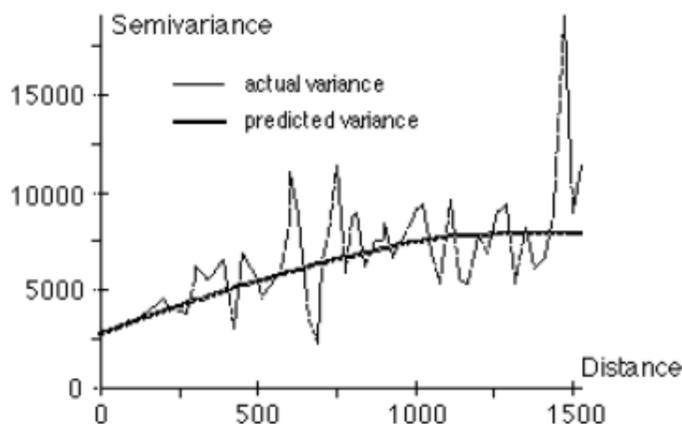
Ineksakta ini dapat digunakan untuk menghindari puncak tajam atau lembah di permukaan output. Inverse Distance Weighted dan Fungsi Radial Basis adalah interpolators eksakta, sementara Polinomial global dan Polinomial lokal termasuk metode interpolasi ineksakta.

Diantara metode deterministik yang populer adalah Trend, Spline, Inverse Distance Weighted (IDW) dan Kriging. Setiap metode tersebut memiliki karakteristik yang berbeda-beda, sehingga jika diterapkan pada daerah yang sama akan diperoleh hasil interpolasi yang berbeda. Pada tulisan singkat ini, akan dibahas penggunaan metode IDW dan Kriging untuk kajian persebaran temperatur dan curah hujan. Metode interpolasi yang sederhana tetapi memiliki nilai akurasi yang cukup baik. Metode IDW dapat dikelompokkan ke dalam estimasi deterministik, yakni interpolasi dilakukan berdasarkan perhitungan matematika. Sementara metode Kriging dapat digolongkan ke dalam estimasi stokastik, di mana perhitungan secara statistik digunakan untuk menghasilkan interpolasi (Pramono, 2008).

Interpolasi stochastic menawarkan penilaian kesalahan dengan nilai prediksi. Metode ini mengasumsikan kesalahan acak. Contoh model ini yang populer adalah metode Kriging. Metode Kriging merupakan estimasi stokastik yang mirip dengan IDW, menggunakan kombinasi linear dari weights untuk memperkirakan nilai di antara sampel data. Metode ini dikembangkan oleh D.L. Krige untuk memperkirakan nilai dari bahan tambang. Asumsi dari model ini adalah jarak dan orientasi antara sampel data menunjukkan korelasi spasial. Model ini memberikan ukuran *error* dan *confidence*. Model ini juga menggunakan semivariogram yang merepresentasikan perbedaan spasial dan nilai di antara semua pasangan sampel data. Semivariogram ini menunjukkan bobot (*weights*) yang digunakan dalam interpolasi. Semivariogram dihitung berdasarkan sampel semivariogram dengan jarak h , beda nilai z , dan jumlah sampel data n , berdasarkan persamaan berikut:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \{Z(x_i) - Z(x_i + h)\}^2$$

Pada jarak yang dekat (sumbu horisontal), *semivariance* bernilai kecil, tetapi pada jarak yang lebih besar, *semi-variance* bernilai tinggi yang menunjukkan bahwa variasi dari nilai z tidak lagi berhubungan dengan jarak sampel point.



Gambar 4. Grafik semivariogram (Esri, 1999)

Kesimpulan

Fenomena geografis di permukaan bumi memiliki kondisi yang kompleks sehingga untuk memudahkan pemahaman terhadap fenomena tersebut memerlukan pemodelan. Diantara berbagai cara pemodelan, salah satu jenis pemodelan disebut pemodelan spasial. Dinyatakan demikian karena realitas fenomena yang hendak dimodelkan berupa data spasial. Untuk menyusun model spasial diperlukan data yang lengkap. Kenyataannya kelengkapan data sering tidak tersedia, sehingga harus dilakukan interpolasi. Interpolasi memiliki berbagai macam metode. Masing-masing metode memiliki kelemahan dan kelebihan, karena masing-masing disusun berdasarkan asumsi dan kondisi fenomena. Oleh karena itu pemanfaatan metode perlu mempertimbangkan karakteristik fenomena di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- DeMers, Michael N, 2000. *Fundamentals of Geographic Information Systems. Second Edition*. Jhon Wiley and Sons, New York.
- ESRI, 2008. *Deterministic methods for spatial interpolation*. Terdapat di http://webhelp.esri.com/ArcGISdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Deterministic_methods_for_spatial_interpolation
- Pramono, Gatot.H, 2008. *Akurasi Metode IDW dan Krigging untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi. Forum Geografi, Vol. 22, No.1, h.97-110*
- Prasasti, Indah, Hari Wijayanti, dan Maulana Christanto, 2005. *Analisis Penerapan Metode Krigging dan Invers Distance pada Interpolasi Data Dugaan Suhu, Air Mampu Curah (AMC) dan Indeks Stabilitas Atmosfir (ISA) dari Data NOAA-TOVS. Makalah PIT Mapin XIV, ITS Surabaya*