

The Kriging Method For Ionospheric Parameter F_{oF2} Over Indonesia

Faruk Afero

Pusat Sains Antariksa - LAPAN
Jl. Dr. Djunjunan No.133 Bandung, 40173
Email: faruk.afero@lapan.go.id

Intisari – Kondisi fisis ionosfer dapat dipelajari dengan pengambilan sampel di beberapa stasiun ionosfer. Untuk melakukan analisis spasial, data harus diinterpolasi untuk mendapatkan nilai di antara titik sampel. Metode pemetaan kriging sebagai pemodelan situasi eksperimental instan diterapkan untuk mengukur data parameter ionosfer di Indonesia. Variasi spasial dari karakteristik ionosfer $foF2$ juga dinyatakan dalam variogram. Terlihat bahwa dengan menerapkan metode ini pada data nyata, dimungkinkan untuk memperkirakan $foF2$ di lokasi yang tidak ada titik sampel dalam area terbatas dengan akurasi yang tepat. Sehingga diperoleh peta $foF2$ setiap jam sebagai hasil dari penelitian ini.

Kata kunci: Ionosfer, Ionosfer Indonesia, Metode Kriging, Peta Ionosfer, Variogram.

Abstract – The physical condition of the ionosphere can be studied by sampling at several ionospheric station. To perform spatial analysis, the data should be interpolated to get the values between sample points. The kriging mapping method as modelling of an instantaneous experimental situation was applied to measured ionospheric parameter data over Indonesia. The spatial variation of the ionospheric characteristic $foF2$ also expressed in terms of the variogram. It is shown that by applying this method to the real data, it is possible to estimate $foF2$ at any unsampled location within the restricted area with satisfactory accuracy. So obtained hourly $foF2$ maps as the outcome of this research.

Key words: Ionosphere, Ionospheric Mapping, Ionosphere Indonesia, Kriging Method, Variogram.

I. PENDAHULUAN

Prediksi yang tepat untuk parameter ionosfer $foF2$ pada area tertentu yang diinginkan adalah suatu pekerjaan mendasar dalam pemetaan ionosfer. Perataan sederhana pada titik-titik sampel yang terdistribusi secara acak bukanlah penyederhanaan yang tepat karena pengukuran ini adalah variabel yang bergantung pada wilayah[1]. Dalam analisis data spasial, pengumpulan data kadangkala sulit untuk kita peroleh karena beberapa faktor. Tetapi masalah ini dapat diatasi dengan prosedur interpolasi dalam memperkirakan data yang tidak tersedia. Metode interpolasi menentukan nilai spasial yang tidak diketahui menggunakan nilai yang tersedia dari data yang diamati di lokasi tertentu. Salah satu metode pemetaan yang berkaitan dengan keadaan pengukuran ini adalah kriging.

Parameter yang akan diinterpolasi menggunakan prosedur ini diasumsikan sebagai variabel regional yang bervariasi secara terus menerus dari satu lokasi ke lokasi lain sehingga titik-titik yang dekat satu sama lain berkorelasi spasial pada tingkat tertentu sementara titik-titik yang terpisah secara statistik independen. Kriging menggunakan variogram untuk mengekspresikan variasi spasial dan meminimalkan

kesalahan nilai estimasi.

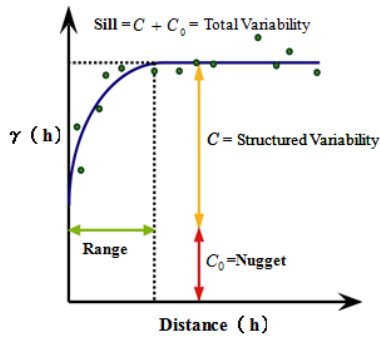
II. LANDASAN TEORI

Dalam melakukan pemetaan dengan menggunakan metode kriging tidak akan bisa dilepaskan dari model variogram khususnya tipe *spherical variogram*, karena parameter fisis seperti Sill, Nugget, dan Major range diperlukan untuk diinput saat akan melakukan interpolasi kriging.

Variogram

Variogram, yang kadang-kadang juga disebut semivariogram, menggambarkan sifat korelasi spasial. Variogram juga dapat memberikan informasi tentang korelasi antara titik-titik yang dipisahkan oleh jarak spasial. Variogram menjelaskan hubungan diferensiasi dalam pasangan pengukuran dan jarak dari masing-masing titik. Pasangan pengukuran diambil dari titik spasial yang kira-kira dekat satu sama lain untuk menggambarkan kesinambungan pengukuran di ruang angkasa[2].

Untuk menggambarkan model semivariogram ada beberapa parameter fisis yang perlu dihitung.



Gambar 1. Model Variogram
(www.supergeotek.com)

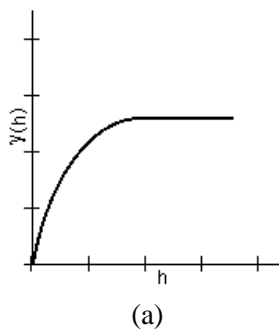
Parameter fisis tersebut dijelaskan pada gambar 1, antara lain:

1. Sill: Nilai ambang (γ) pada model variogram.
2. Major Range: jarak dimana variogram mencapai Sill dari titik nol pada sumbu-x.
3. Nugget: Secara teoritis, pada jarak pemisahan nol ($\text{lag} = 0$), nilai semivariogram adalah 0. Namun, pada jarak pemisahan yang sangat kecil, semivariogram sering menunjukkan efek Nugget yang nilainya beberapa lebih besar dari 0. Misalnya, jika model semivariogram memotong sumbu-y pada 2, maka nilai Nugget adalah 2.

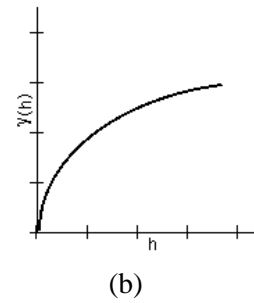
Efek Nugget dapat dikaitkan dengan kesalahan pengukuran atau sumber variasi spasial pada jarak yang lebih kecil dari interval pengambilan sampel atau keduanya. Kesalahan pengukuran terjadi karena kesalahan yang melekat pada alat ukur. Fenomena alam dapat bervariasi secara spasial pada rentang skala. Variasi pada skala mikro yang lebih kecil dari jarak sampling akan muncul sebagai bagian dari efek Nugget. Sebelum mengumpulkan data, penting untuk mendapatkan pemahaman tentang skala variasi spasial.

Pada umumnya, model variogram dengan kurva yang *smooth* digunakan untuk menggambarkan perubahan variance (v) dengan jarak (h). Beberapa *fitting* kurva yang digunakan untuk pemodelan variogram antara lain:

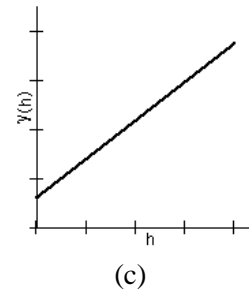
SPHERICAL



EXPONENTIAL



LINEAR



Gambar 2. Model Variogram: (a) *Spherical*; (b) *Exponential*; (c) *Linear*
(<http://resources.esri.com>)

Model semivariogram yang paling sederhana adalah *linear model*, model ini tidak memiliki Sill, sementara model yang banyak sekali digunakan untuk data geostatistik adalah *spherical model*[2]. Secara matematis ketiga model pada gambar 2 dinyatakan sebagai berikut:

- i. Linier Model

$$\gamma(h) = \begin{cases} c_0 + c \left(\frac{h}{a} \right), & 0 < h \leq a \\ c_0 + c, & h > a \end{cases} \quad (1)$$

- ii. Spherical Model

$$\gamma(h) = \begin{cases} c_0 + c \left[\frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right], & h < a \\ c_0 + c, & h > a \end{cases} \quad (2)$$

- iii. Exponential Model

$$\gamma(h) = c_0 + c \left(1 - e^{-\frac{h}{r}} \right), h > 0 \quad (3)$$

Untuk mengilustrasikan model variogram, data (tabel 1) tersebut akan dipasangkan antara satu titik dengan titik yang lain. Setiap kelompok data, selisih rata-rata kuadrat diperkirakan sebagai fungsi dari jarak antara titik-titik yang terpisahkan. Secara matematis hal tersebut dilakukan dengan menyelesaikan sistem persamaan linier untuk memperoleh parameter fisis yang diinginkan. Dalam hal lain, perkiraan parameter fisis inipun bisa dilakukan dengan *software* yang

mendukung dan mampu untuk memperkirakan parameter tersebut dengan lebih presisi.

Tabel 1. Stasiun pengamatan

Station	Lat.	Long.
Kototabang (KTB)	-0.2069	100.33
Pameumpeuk (PMK)	-7.66	107.68
Pontianak (PTK)	-0.0263	109.3425
Kupang (KOE)	-10.155	123.669
Manado (MDC)	1.349	124.83
Biak (BIK)	-1.191	136.106

Ordinary Kriging

Ordinary kriging yang juga dikenal sebagai *punctual kriging* adalah salah satu tipe kriging yang memperkirakan suatu nilai menggunakan kombinasi pembobotan linier. Dalam tipe ini, variogram yang dihasilkan terdiri dari dua bagian: variogram eksperimental dan variogram model. Variogram eksperimental diperoleh dengan mendapatkan variansi dari setiap titik ke semua titik lainnya dan variansi tersebut diplot terhadap jarak antara titik. Kemudian variogram model akan ditentukan setelah variogram eksperimental dihitung. Variogram model hanyalah fungsi matematika yang memodelkan tren variogram eksperimental. Dan variogram model ini digunakan untuk menghitung nilai bobot[3].

Tahapan dari metode ini adalah menganalisis statistik dari sampel data, pemodelan variogram, membuat hasil interpolasi dan menganalisis nilai variansi[4]. Input data yang digunakan untuk interpolasi kriging terdiri dari N titik. Untuk memperoleh hasil output dari interpolasi kriging (Z_0) diperoleh dengan menggunakan persamaan[3]:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^N (W_i Z_i); \quad i = 1 \dots N \quad (4)$$

fisis, dilakukan pengolahan data *single moment* (1 jam) yang selanjutnya akan digunakan untuk melakukan pemetaan interpolasi *foF2* menggunakan parameter yang didapatkan dari pemodelan variogram.

Gambar 3 menunjukkan hasil interpolasi peta *foF2* pada jam 10:00 WIB tanggal 21 Februari 2013 berdasarkan input nilai parameter fisis pemodelan

Hasil tersebut merupakan rata-rata nilai bobot dari semua nilai input Z_i . Sementara nilai estimasi variansi dapat dihitung dengan:

$$S_\tau^2 = \sum_{i=1}^N W_i \gamma(h_i) + \lambda; \quad i = 1 \dots N \quad (5)$$

III. METODE PENELITIAN/EKSPERIMEN

Ilustrasi pembuatan variogram dilakukan dengan menggunakan data *foF2* per jam yang diambil secara acak pada data *foF2* selama satu bulan pengamatan. Setiap pasang data pengukuran, jarak (d) akan dihitung antara 2 titik data yang dipasangkan dan perbedaan nilai frekuensi (γ) dihitung berdasarkan persamaan linier yang terbentuk. Ilustrasi ini dimodelkan dengan menggunakan *software* ArcGis 10.5 dengan tipe variogramnya adalah *Spherical variogram*. Selanjutnya dilakukan interpolasi dengan metode kriging dengan menginput parameter fisis yang diperoleh dari variogram untuk mendapatkan peta *foF2* hasil interpolasi.

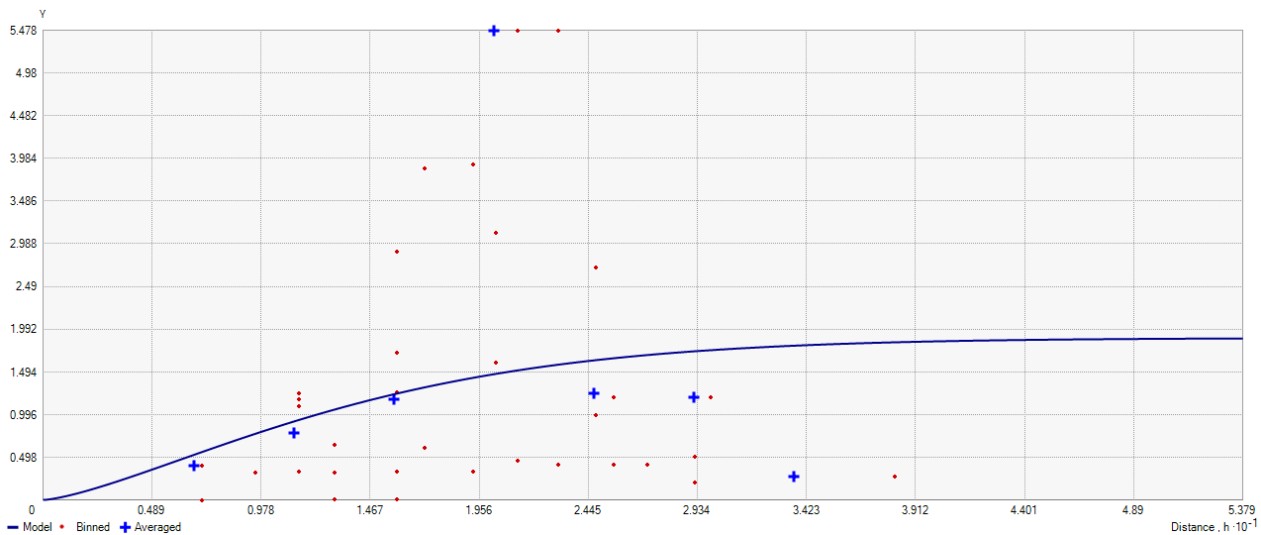
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ordinary kriging merupakan salah satu interpolator utama untuk memperkirakan nilai lokal suatu wilayah. Rerata diperkirakan menggunakan titik data terdekat, sehingga tidak perlu memperkirakan tren tingkat pertama. Hal tersebut menyimpang hanya pada rata-rata lokal. Ketika lokasi yang diperkirakan jauh dari lokasi yang diketahui dan diukur, perbedaan dalam estimasi menjadi besar. Kriging membutuhkan inversi matriks tetapi dapat dikelola karena hanya sejumlah kecil lokasi terdekat yang digunakan.

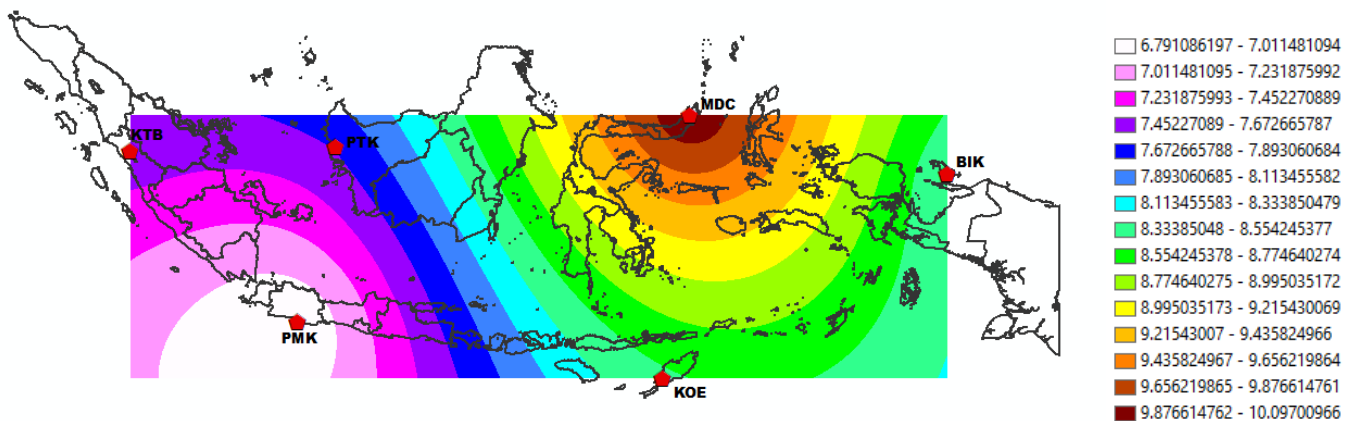
Hasil pemodelan variogram dilakukan untuk 6 stasiun yang tersebar disetiap balai pengamatan antariksa dan atmosfer LAPAN. Data diamati dan diolah per jam untuk memodelkan variogram, pada gambar 2 adalah pengamatan data pada tanggal 21 Februari 2013 jam 10:00 WIB yang merupakan *single moment*, variogram juga bisa dimodelkan dalam *multi moment*. Untuk analisis nilai parameter

Pemodelan variogram yang digunakan adalah spherical model, dari hasil pemodelan tersebut diperoleh nilai Sill = 1.88, Nugget = 0 dan Major range = 33.27 menggunakan Lag size = 4.48.

variogram yaitu nilai Sill, Nilai Major Range dan efek Nugget. Dari hasil tersebut terlihat bahwa metode kriging mampu memberikan nilai estimasi pada wilayah atau area yang tidak ada stasiun pengamatan ionosfer.



Gambar 2. Model Semivariogram untuk *single moment* pada jam tertentu.



Gambar 3. Peta foF2 hasil interpolasi kriging pada jam tertentu

V. KESIMPULAN

Interpolasi regional dengan *Ordinary kriging* pada parameter data acak spasial seperti *foF2* bisa dilakukan dengan lebih tepat dan baik untuk menentukan nilai fisis yang belum diketahui dari data yang diketahui. banyak sifat ionosfer yang tampak bervariasi secara acak namun secara spasial berkorelasi. Hal tersebut dapat memungkinkan untuk analisis menggunakan metode yang berbasis teori regionalisasi variabel. Menggunakan metode kriging untuk interpolasi parameter fisis *foF2* telah menghasilkan nilai pengukuran dan hasil pemetaan *foF2* yang tepat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim saling Pusat Sains Antariksa untuk penyediaan data *foF2* sehingga hasil penelitian ini bisa dilakukan dan digunakan.

PUSTAKA

- [1] I. Stanisławska, G. Juchnikowski, and L. R. Cander, "The Kriging method of ionospheric parameter *f0F2* instantaneous mapping," *Ann. di Geofis.*, vol. 39, no. 4, pp. 845–852, 1996.
- [2] A. H. J. Datu-dacula, J. B. Macoy, V. I. A. Pplications, and O. F. V Ariogram, "The Relation of Variogram to Kriging," vol. 6, no. 2, pp. 64–67, 2018.
- [3] I. Stanisławska, G. Juchnikowski, and L. R. Cander, "Kriging method for instantaneous mapping at low and equatorial latitudes," *Adv. Sp. Res.*, vol. 18, no. 6, pp. 217–220, 1996.
- [4] G. H. Pramono, "Akurasi Metode IDW dan Kriging untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi," 2003.