

## INTERPOLASI KANDUNGAN FLUORIDA PADA AIR TANAH DI DKI JAKARTA MENGUNAKAN METODE *MEDIAN POLISH KRIGING*

**Elly Nurmaidah dan Mahmudi**

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta  
Email: [elly.nurmaidah13@mhs.uinjkt.ac.id](mailto:elly.nurmaidah13@mhs.uinjkt.ac.id)

**Abstract:** This paper discusses interpolation of groundwater fluoride content in DKI Jakarta using Polish Kriging Median. This method is used because in 2015 there are the outlier value in fluoride content in DKI Jakarta. To interpolate fluoride in non-sampled area, DKI Jakarta is divided into 5 grids of the following size:  $10 \times 6.10 \times 3.5 \times 3.4 \times 3$ , and  $3 \times 2$ . However, the result shows that fluoride content in non-sampled area can be interpolated only in a  $5 \times 3$  grid. In addition, there are 81% of regions in DKI Jakarta that have low levels of fluoride, 8% have medium levels of fluoride, and as many as 11% have high levels which are not safe to consume. Two areas that the groundwater don't safe to consume (fluoride level above 1.5 mg/l) are Joglo and Duri Kosambi district where located in West Jakarta.

**Keywords:** Random Forest, Data Sampling, Imbalanced Data.

**Abstrak:** Penelitian ini membahas mengenai interpolasi kandungan fluorida air tanah di DKI Jakarta menggunakan *Median Polish Kriging*. Metode ini digunakan karena terdapat nilai pencilan kandungan fluorida di DKI Jakarta. Untuk menginterpolasi fluoride di daerah yang tek-tersampel, DKI Jakarta dibagi menjadi 5 grid dengan ukuran sebagai berikut:  $10 \times 6, 10 \times 3, 5 \times 3, 4 \times 3$ , dan  $3 \times 2$ . Namun, hasil menunjukkan bahwa hanya grid berukuran  $5 \times 3$  yang berhasil menginterpolasi kadar fluorida pada daerah yang tidak tersampel. Selain itu, hasil interpolasi pun menunjukkan bahwa terdapat 81% daerah di DKI Jakarta yang memiliki kadar kandungan fluorida rendah, 8% memiliki kadar kandungan fluoride sedang, dan sebanyak 11% memiliki kadar yang tinggi. Dua daerah yang mengandung kadar fluorida yang tidak aman dikonsumsi (di atas 1,5 mg/l) yaitu Kelurahan Joglo dan Kelurahan Duri Kosambi yang terletak di Jakarta Barat.

**Kata kunci:** air tanah, fluorida, pencilan, grid.

### PENDAHULUAN

Salah satu komponen kehidupan yang sangat penting adalah air. Air yang berkualitas baik dan aman untuk dikonsumsi harus memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif [1] [9]. Jika tidak memenuhi persyaratan ini, maka perlu dilakukan pengkajian terhadap kualitas air sehingga dapat diantisipasi timbulnya masalah kesehatan masyarakat. Hal inilah yang menjadi masalah umum di kota-kota besar di Indonesia terutama DKI Jakarta sebagai ibukota negara dengan jumlah penduduk yang sangat banyak.

Salah satu senyawa kimia yang terkandung dalam air tanah di DKI Jakarta adalah flourida. Fluorida adalah salah satu senyawa kimia yang terbukti dapat menyebabkan efek terhadap kesehatan melalui air minum. Fluorida memiliki efek yang bermanfaat terhadap pencegahan karies gigi pada konsentrasi tertentu, namun pada keterpaparan yang berlebihan dapat meningkatkan terjadinya efek yang tidak diinginkan. Efek buruk tersebut dapat bervariasi dari fluorosis gigi ringan yaitu keadaan gigi menjadi kekuningan atau kecoklatan dan terdapat bintik-bintik pada enamel gigi hingga fluorosis skeletal seiring dengan meningkatnya kadar dan lamanya paparan. Oleh karena itu, asupan flourida haruslah dibatasi agar dapat mencegah karies namun tidak menimbulkan terjadinya fluorosis. Fluorida terdapat luas di alam, baik di udara maupun di berbagai sumber lainnya seperti makanan dan minuman yang dikonsumsi sehari-hari. Fluorida terdapat pada berbagai sumber pangan diantaranya seperti air, daging, dan ikan menyebabkan asupan flourida meningkat [6].

Beberapa penelitian mengenai kandungan flourida pada air tanah telah dilakukan diantaranya oleh [2], [8] dan [11]. Kedua penelitian tersebut hanya menguji kadar flourida dalam air tanah secara kimia pada titik-titik sampel yang diketahui, namun kebutuhan masyarakat saat ini adalah bagaimana menginterpolasi kadar flourida pada daerah yang tidak termasuk titik sampel. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, pada penelitian ini akan dilakukan penginterpolasian kadar flourida pada daerah yang bukan merupakan titik sampel (*non-sampled area*) sehingga dapat diketahui apakah air tanah pada daerah-daerah tersebut layak untuk diminum atau tidak. Berdasarkan data BPLH, terdapat pencilan kadar fluoride di beberapa daerah di DKI Jakarta. Oleh karena itu, interpolasi akan dilakukan menggunakan Metode *Median Polish Kriging*. Metode ini merupakan metode *outlier resistant* [4], dimana pada metode ini, pendekatan median kolom dan baris dilakukan secara iterasi dengan bantuan grid [10]. Dengan metode Median Polish Kriging ini, diharapkan hasil interpolasi dapat memberikan perkiraan yang baik dalam memprediksi air tanah di wilayah DKI Jakarta yang mengandung flourida yang masih aman untuk dikonsumsi.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Fluorida pada Air Tanah

Kadar ion flourida dalam air tanah bergantung pada sifat geologis, kimia, dan fisika, serta iklim dari suatu area. Umumnya mata air dan air sumur mengandung konsentrasi ion flourida yang lebih tinggi dibanding air permukaan seperti danau dan sungai. Kandungan ion flourida dalam air dapat meningkat oleh adanya kegiatan manusia seperti fluoridasi pada air, pembuangan limbah, dan pengaruh dari kegiatan industri. Kontaminasi dalam limbah dan pembuangan industri juga dapat meningkatkan konsentrasi ion flourida dalam air [13].

Selain manfaat flourida untuk kesehatan gigi, flourida pada kandungan air pun berguna untuk kesehatan tulang. Manfaat dari flourida ini dapat kita rasakan jika penggunaannya masih dalam batas aman. Peraturan menteri kesehatan nomor 492 tahun 2010 tentang persyaratan air minum menetapkan bahwa kandungan flourida yang aman dikonsumsi adalah 1,5 mg/L [1]. Hal tersebut menunjukkan bahwa kandungan flourida pada air tersebut masih dalam batas aman. Tabel 1 berisi klasifikasi kadar flourida air tanah [3].

Tabel 1. Kadar Fluorida Air Tanah

Rumus	Parameter	Kelas
$x_{min} - (x_{min} + T)$	0 – 0,5	Rendah
$(x_{min} + T) - (x_{min} + 2T)$	0,5 – 1	Sedang
$(x_{min} + 2T) - x_{max}$	1 – 1,5	Tinggi

dengan,  $T = \frac{x_{max} - x_{min}}{n}$ ;  $x_{max}$  adalah nilai pengkelasan terbesar, dan  $x_{min}$  adalah nilai pengkelasan terkecil, dan  $n$ : banyaknya pengkelasan.

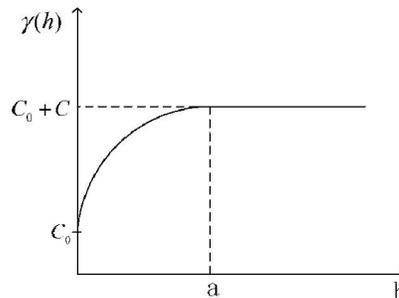
### Data Spasial

Data spasial mempunyai pengertian sebagai suatu data yang mengacu pada posisi, objek, dan hubungan di antaranya dalam ruang bumi. Di dalam data spasial terdapat informasi mengenai bumi termasuk permukaan bumi, di bawah permukaan bumi, perairan, kelautan, dan bawah atmosfer [13].

Misalkan, nilai pengukuran data di lokasi  $s$  biasa dinotasikan dengan  $Z(s)$  dimana  $Z(s)$  merupakan variabel terregional, yaitu variabel yang berdistribusi dalam ruang. Himpunan dari variabel terregional  $Z(s)$  disebut proses spasial  $\{Z(s), s \in D\}$ , dimana  $D$  adalah himpunan acak di ruang berdimensi  $D$ ,  $\mathbb{R}^d$ [5]. Himpunan variabel acak  $\{Z(s), s \in D\}$  diasumsikan memenuhi asumsi stasioner bila distribusi dari variabel terregional di lokasi tertentu sama untuk setiap penambahan jarak sebesar  $h$ , distribusi variabel terregional  $Z(s_1), Z(s_2), \dots, Z(s_n)$  sama dengan  $Z(s_1 + h), Z(s_2 + h), \dots, Z(s_n + h)$ .

### Semivariogram

Pada geostatistik terdapat suatu perangkat dasar dari geostatistika untuk visualisasi, memodelkan dan menjelaskan korelasi spasial antar data, serta eksploitasi korelasi spasial dari variabel terregional yang biasa dikenal sebagai variogram. Semivariogram adalah setengah dari variogram. Gambar 1 adalah salah satu contoh gambar semivariogram eksperimental.



Gambar 1. Contoh Semivariogram Eksperimental.

Berdasarkan Gambar 1, beberapa bagian dari semovariogram adalah sebagai berikut:

- Nugget Effect* ( $C_0$ ), yaitu nilai semivariogram pada jarak interval mendekati nol.
- Sill* ( $C_0 + C_i$ ), yaitu nilai semivariogram yang konstan untuk jarak tertentu sampai dengan jarak yang tidak terhingga sehingga antara dua variabel terregional yang berjarak  $h$  tidak berkorelasi. Nilai *sill* umumnya akan mendekati nilai variansi dari populasi.
- Range* ( $a$ ), yaitu jarak pada saat nilai semivariogram mencapai *sill*, atau jarak maksimum dimana masih terdapat korelasi antar variabel terregional.

Terdapat 2 jenis semivariogram: eksperimental dan teoritis. Semivariogram eksperimental adalah semivariogram yang diperoleh dari data yang diamati atau data hasil pengukuran. Semivariogram eksperimental ditaksir menggunakan rumus:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (Z(s_i) - Z(s_i + h))^2 \quad (1)$$

dengan  $\gamma(h)$ : nilai semivariogram dengan jarak  $h$ ,  $Z(s_i)$ : nilai pengamatan di titik  $s$ ,  $Z(s_i + h)$ : nilai pengamatan di titik  $s_i + h$ ,  $N(h)$ : banyaknya pasangan titik yang mempunyai jarak  $h$ .

Berikut adalah beberapa semivariogram teoritis [5]:

a. Model *Spherical*

$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C_i \left[ \left( \frac{3h}{2a} \right) - \frac{1}{2} \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right], & \text{untuk } h \leq a \\ C_0 + C_i, & \text{untuk } h > a \end{cases}$$

b. Model *Exponential*

$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C_i \left[ 1 - \exp\left(-\frac{h}{a}\right) \right], & \text{untuk } h \leq a \\ C_0 + C_i, & \text{untuk } h > a \end{cases}$$

c. Model *Gaussian*

$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C_i \left[ 1 - \exp\left(-\left(\frac{h}{a}\right)^2\right) \right], & \text{untuk } h \leq a \\ C_0 + C_i, & \text{untuk } h > a \end{cases}$$

dengan  $h$ : jarak lokasi antar sampel,  $C_0$ : Nugget effect,  $C_0 + C_i$ : *Sill*, dan  $a$ : range.

### Metode *Ordinary Kriging*

Pada metode ini, diasumsikan mean data tidak diketahui dan bernilai konstan. Metode kriging digunakan untuk mengestimasi besarnya karakteristik dari estimator, yaitu  $\hat{Z}$  pada titik yang tidak tersampel berdasarkan informasi dari titik-titik tersampel yang ada di sekitarnya. Misalkan akan diestimasi karakteristik  $\hat{Z}$  pada suatu lokasi  $s_0$ . Menurut [5], hal ini dapat dilakukan dengan membentuk kombinasi linear dari titik-titik yang telah diketahui yaitu dengan membentuk persamaan:  $\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i)$  dengan  $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$ , dimana  $\lambda_i$  adalah bobot dari  $Z(s_i)$  dengan  $i = 1, 2, \dots, n$  dan  $\hat{Z}(s_0)$  merupakan nilai estimasi pada variabel  $s_0$ , dan  $Z(s_i)$  adalah nilai dari variabel  $s_i$ .

Nilai taksiran  $Z$  haruslah akurat dan memenuhi kriteria B.L.U.E (*Best Linier Unbiased Estimator*) [5].

a) Estimator Linier

Misalkan  $Z(s_1), Z(s_2), \dots, Z(s_n)$  adalah pengukuran  $Z$  pada lokasi  $s_1, s_2, \dots, s_n$ . Taksiran dari  $Z$  di titik  $s_0$  yaitu  $\hat{Z}(s_0)$  dapat dinyatakan sebagai kombinasi linier dari  $Z(s_1), Z(s_2), \dots, Z(s_n)$ . Dapat ditulis sebagai berikut:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i),$$

dengan  $\lambda_i$  adalah bobot dari  $Z(s_i)$  dengan  $i = 1, 2, \dots, n$  dan  $\lambda_i$  disebut bobot *kriging*.

b) Estimator Tak Bias

Taksiran memenuhi sifat tak bias. Taksiran  $Z$  di lokasi  $s_0$ ,  $\hat{Z}(s_0)$ , dikatakan tak bias jika  $E\left(\hat{Z}(s_0)\right) = \mu$ .

c) Variansi Minimum

$\hat{Z}(s_0)$  disebut taksiran yang terbaik (*best*) jika memiliki variansi residual yang minimum.

Bobot *kriging*  $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$  didapatkan dengan cara meminimumkan *mean square predicted error*:

$$MSPE = E \left[ \hat{Z}(s_0) - Z(s_0) \right]^2$$

terhadap kendala  $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$ . Salah satu metode yang dapat digubanak adaah metode pengali *Lagrange*.

### Median Polish Kriging

Median merupakan salah satu pusat data. Median merupakan nilai tengah dari data. Konsep dasar *median polish* sama halnya dalam mencari nilai median dalam ukuran pemusatan. Pada metode *median polish* diperlukan bantuan grid untuk membentuk matriks yang elemennya adalah nilai median dalam baris dan kolom. Misalkan  $\{s_i, i = 1, \dots, n\}$  berada pada grid  $\{(x_l, y_k), k = 1, \dots, p; l = 1, \dots, q\}$ , maka  $s_i = (x_l, y_k)'$  dapat ditulis,

$$\mu(s_i) = a + r_k + c_l \quad (2)$$

dengan  $a$ : hasil keseluruhan,  $r_k$ : hasil baris ke- $k$ , dan  $c_l$ : hasil kolom ke- $l$ . Dengan asumsi terdapat tepat satu buah pengamatan pada setiap simpul grid, menurut [5] estimator Ordinary Least Squares (OLS) pada persamaan (2) adalah

$$\begin{aligned} \hat{a} &= z_{p+1, p+1}^{(\infty)}, \\ \hat{r}_k &= z_{k, p+1}^{(\infty)}, \quad k = 1, \dots, p, \\ \hat{c}_l &= z_{p+1, l}^{(\infty)}, \quad l = 1, \dots, q \end{aligned}$$

Sehingga estimasi OLS  $\mu(s_i)$  adalah:

$$\hat{\mu}(s_i) = \hat{a} + \hat{r}_k + \hat{c}_l, \quad s_i = (x_l, y_k)' \in D. \quad (3)$$

Wilayah  $s = (x, y)'$  dibatasi oleh garis yang bergabung dengan empat simpul, yaitu  $(x_l, y_k)'$ ,  $(x_{l+1}, y_k)'$ ,  $(x_l, y_{k+1})'$ ,  $(x_{l+1}, y_{k+1})'$  dengan  $x_l < x_{l+1}$  dan  $y_k < y_{k+1}$  maka interpolasi *median polish* adalah sebagai berikut:

$$\hat{\mu}(s_i) = \hat{a} + \hat{r}_k + \left( \frac{y - y_k}{y_{k+1} - y_k} \right) (\hat{r}_{k+1} - \hat{r}_k) + \hat{c}_l + \left( \frac{x - x_l}{x_{l+1} - x_l} \right) (\hat{c}_{l+1} - \hat{c}_l),$$

untuk  $k = 1, \dots, p - 1, \quad l = 1, \dots, q - 1$ .

Estimasi *median polish kriging* mencakup estimasi rata-rata *median polish* ditambah estimasi residual dari proses *median polish*. Model *median polish kriging* yaitu [7]:

$$\begin{aligned} \hat{Z}(s_i) &= \hat{a} + \hat{r}_k + \hat{c}_l + \hat{R}(s_i), \\ \hat{Z}(s_i) &= \hat{\mu}(s_i) + \hat{R}(s_i), \end{aligned}$$

dengan  $\hat{R}(s_i) = \sum_{i=1}^n \lambda_i R(s_i), \quad s_i \in \mathbb{R}^2$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Provinsi DKI Jakarta yang berisi data air tanah yang diambil dari satu sampel sumur air tanah dangkal di setiap kelurahan yang ada di DKI Jakarta pada tahun 2015. Data ini terdiri dari data titik koordinat posisi lokasi pengambilan sampel sumur air tanah dangkal (X dan Y), dan data fluorida air tanah (Z). Lokasi titik sampel terdapat di lima wilayah DKI Jakarta dengan rincian sebagai berikut pada setiap wilayah:

1. Kotamadya Jakarta Utara sebanyak 17 titik sampel sumur air tanah,

2. Kotamadya Jakarta Pusat sebanyak 37 titik sampel sumur air tanah,
3. Kotamadya Jakarta Selatan sebanyak 36 titik sampel sumur air tanah,
4. Kotamadya Jakarta Timur sebanyak 25 titik sampel sumur air tanah, dan
5. Kotamadya Jakarta Barat sebanyak 33 titik sampel sumur air tanah.

Statistika deskriptif dari kandungan fluorida air tanah di DKI Jakarta tertera pada Tabel 2, dan klasifikasi dan persentase kandungan fluoride tertera pada Tabel 3.

**Tabel 2.** Statistika deskriptif kandungan fluorida air tanah

Minimum	Maksimum	Rata-rata	Variansi	Std. Deviasi
0,01	0,95	0,23453	0,03514	0,18746

**Tabel 3.** Klasifikasi kadar fluorida air tanah di DKI Jakarta

Klasifikasi Kadar Fluorida	Jumlah Kelurahan	Persentase (%)
Rendah	134	90,54
Sedang	14	9,46
Tidak Baik	0	0
Total	148	100

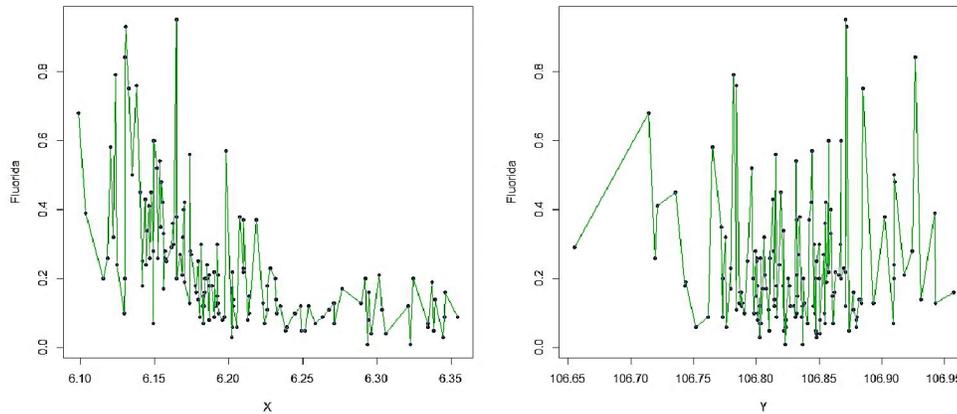
Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa jumlah kelurahan untuk kadar fluorida rendah sebanyak 134 kelurahan dengan persentase 90,54%, sedangkan jumlah kelurahan untuk kadar fluorida sedang sebanyak 14 kelurahan dengan persentase 9,46%. Untuk kadar fluorida tidak baik (di atas 1,5 mg/L) mempunyai persentase 0%. Hal ini berarti bahwa air tanah di DKI Jakarta masih tergolong aman dan layak konsumsi. Dari Gambar 3a dapat dilihat bahwa terdapat pencilan pada indeks kandungan fluorida. Selain itu, pengujian data pencilan dapat dilakukan dengan menentukan nilai ambang batas yang akan dikategorikan sebagai pencilan yaitu dengan cara mengkonversi nilai data penilaian ke dalam standard score atau biasa disebut *Z Score*. Karena nilai *z score* pada Tabel 4 lebih dari 2 maka data tersebut terdeteksi sebagai pencilan. Oleh karena itu, metode *Median Polish Kriging* cocok untuk digunakan dalam interpolasi di area tak tersampel.

**Tabel 4.** Hasil *Z score* untuk pengujian data pencilan.

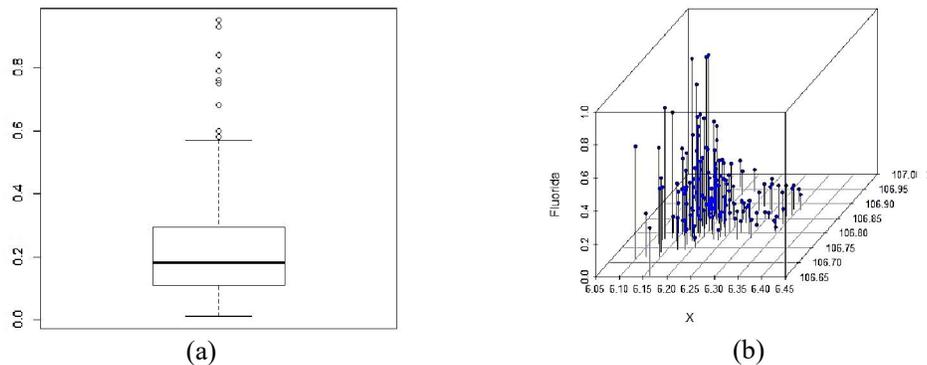
<b>Data ke-<i>i</i></b>	4	5	8	9	11	17	46
<b><i>Z Score</i></b>	3,71002	2,7498	2,80315	2,96318	2,37639	3,22991	3,81671

Gambar 2 merupakan plot antara *X* terhadap kadar flourida (kiri) dan plot antara *Y* terhadap kadar flourida (kanan). Gambar ini bermanfaat untuk pengujian stasioneritas. Selain itu, pengujian stasioneritas pun dapat dilakukan dengan membuat plot antara *X* (absis) dan *Y* (ordinat) terhadap indeks nilai kandungan fluorida air tanah (Gambar 3b). Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa tidak terdapat kecenderungan (*trend*) atau membentuk pola tertentu sehingga dapat disimpulkan bahwa data nilai kandungan fluorida air tanah memenuhi asumsi stasioner orde 2. Hal ini diperkuat dengan hasil uji *Cox-Stuart* yang menyatakan tidak ada trend pada data tersebut.

## Interpolasi Kandungan Flourida pada Air Tanah di DKI Jakarta menggunakan Metode...



**Gambar 2.** Plot antara  $X$  terhadap kadar flourida (kiri) dan Plot antara  $Y$  terhadap kadar flourida (kanan)



**Gambar 3.** (a) Terdapat nilai pencilan pada kandungan flourida, (b) Scatterplot tiga dimensi antara  $X$  dan  $Y$  terhadap indeks kandungan flourida air tanah

Selanjutnya nilai nugget effect, sill, dan range dicari menggunakan Persamaan (1). Hasil perhitungan semivariogram eksperimental terdapat pada Tabel 5 dan diplotkan pada Gambar 4. Dari Gambar 4 dapat diketahui nilai nugget effect adalah 0,29, nilai sill sebesar 0,45 dan range sejauh 0,11.

Grafik model semivariogram teoritis dari data flourida yaitu Spherical, Exponential, dan Gaussian masing-masing disajikan pada Gambar 5. Berikut adalah model untuk semivariogram Spherical adalah

$$\gamma(h) = \begin{cases} 0,29 + 0,16 \left( \left( -\frac{3h}{2 \times 0,11} \right) - \left( \frac{h}{2 \times 0,11} \right)^3 \right), & \text{untuk } h \leq 0,11, \\ 0,45, & \text{untuk } h \geq 0,11, \end{cases}$$

model untuk semivariogram Exponential adalah

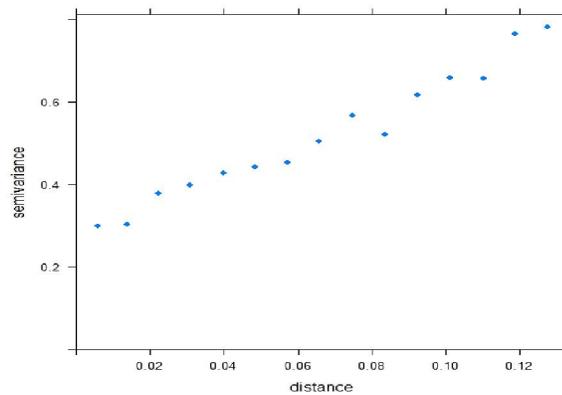
$$\gamma(h) = \begin{cases} 0,29 + 0,16 \left( 1 - \exp\left(-\frac{h}{0,11}\right) \right), & \text{untuk } h \leq 0,11, \\ 0,45, & \text{untuk } h \geq 0,11, \end{cases}$$

dan model untuk semivariogram Gaussian adalah

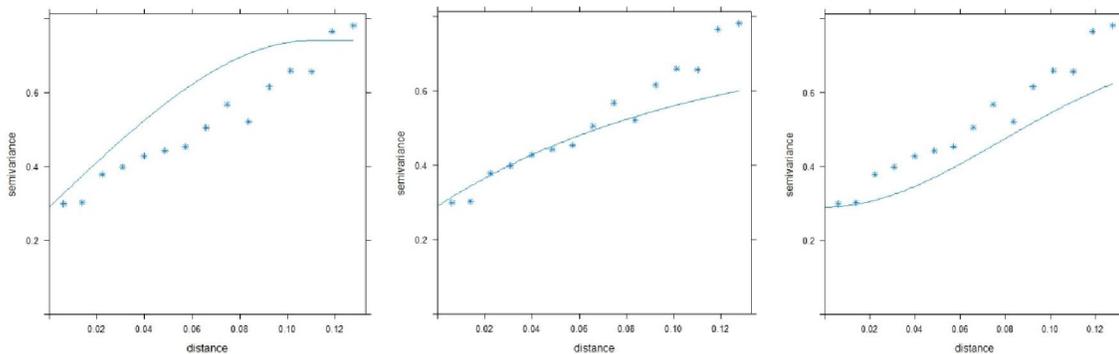
$$\gamma(h) = \begin{cases} 0,29 + 0,16 \left[ 1 - \exp\left(-\left(\frac{h}{0,11}\right)^2\right) \right], & \text{untuk } h \leq 0,11, \\ 0,45, & \text{untuk } h \geq 0,11. \end{cases}$$

**Tabel 5.** Hasil Semivariogram Eksperimental

No.	Np	Distance	Gamma
1	71	0.005921041	0.2986458
2	294	0.13787625	0.3022417
3	422	0.022171987	0.3778476
4	558	0.030721766	0.3982705
5	639	0.039827180	0.4271127
6	705	0.048489883	0.4422275
7	729	0.057119775	0.4530285
8	714	0.065837399	0.5049520
9	715	0.074686499	0.5671635
10	656	0.083683476	0.5208860
11	636	0.092352288	0.6151296
12	594	0.101358090	0.6590087
13	564	0.110197463	0.6557789
14	466	0.118822982	0.7647227
15	434	0.127766109	0.7806569



**Gambar 4.** Semivariogram eksperimental kandungan flourida



**Gambar 5.** Semivariogram Spherical (kiri), eksponential (tengah), dan Gaussian (Kanan)

Untuk menguji manakah model semivariogram teoritis yang paling baik, maka dilakukan uji validasi silang, hasilnya tertera pada Tabel 6. Hasil uji silang menunjukkan bahwa model

semivariogram exponential valid dan dapat dilakukan untuk mengintepolasi data fluorida air tanah. Berikut adalah model Exponential:

**Tabel 6.** Hasil Nilai Uji Validasi Silang  $Q_1$ .

Model Semivariogram	$Q_1$
<i>Spherical</i>	0,5405799 0,161026 0,178113

Langkah selanjutnya adalah melakukan intepolasi menggunakan bantuan grid. Gambar 6 menyajikan beberapa grid yang digunakan yaitu berukuran  $10 \times 6$ ,  $10 \times 3$ ,  $5 \times 3$ ,  $4 \times 3$ , dan  $3 \times 2$ . Gambar 6(a) merupakan scatterplot persebaran fluorida untuk grid berukuran  $10 \times 6$  atau  $s_{ij}$ ,  $i = 1, \dots, 10$ ;  $j = 1, \dots, 6$ . Letak koordinat X dan Y minimum terletak pada grid  $s_{11}$  yaitu grid ujung kiri bawah dan baris pertama terletak pada baris paling bawah. Berdasarkan Gambar 6(a), pada baris pertama hanya terdapat satu titik sampel, yaitu pada grid  $s_{31}$  dan pada grid tersebut hanya ada satu titik sampel. Jika pada baris dan grid tersebut hanya terdapat satu titik sampel, maka metode median tidak dapat dilakukan karena syarat mencari median yaitu minimal ada dua titik sampel tidak terpenuhi. Hal ini mengakibatkan tidak dapat dilakukan interpolasi untuk grid-grid pada baris pertama. Dengan cara yang sama, median dapat dicari untuk setiap ukuran grid. Namun hanya grid berukuran  $5 \times 3$  yang memenuhi syarat pencarian median sehingga hanya pada ukuran grid inilah interpolasi flourida dapat dilakukan menggunakan metode median polish kriging. Tabel 7, menyajikan data median dua arah dari plot Gambar 6(c).

**Tabel 7.** Median Baris dan Kolom untuk grid berukuran  $5 \times 3$

3	0.52	0.3	0.14	0.13	0.13
2	0.45	0.21	0.12	0.09	0.06
1	0.47	0.29			
y / x	1	2	3	4	5

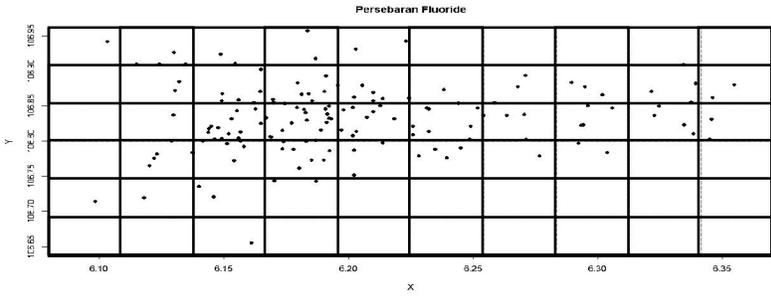
Tabel 7 berisi median yang dibentuk berdasarkan grid berukuran  $5 \times 3$  pada baris dan kolom. Dari hasil median baris dan kolom di atas, langkah selanjutnya yaitu melakukan polishing (pemulusan) terhadap nilai median tersebut untuk mendapatkan Persamaan (3). Dari proses median polish tersebut diperoleh hasil keseluruhan ( $\tilde{a}$ ), hasil baris ( $\tilde{r}_k$ ), dan hasil kolom ( $\tilde{c}_l$ ). Tabel 8 menyajikan hasil dari proses median polish.

**Tabel 8.** Hasil baris dan kolom proses median polish

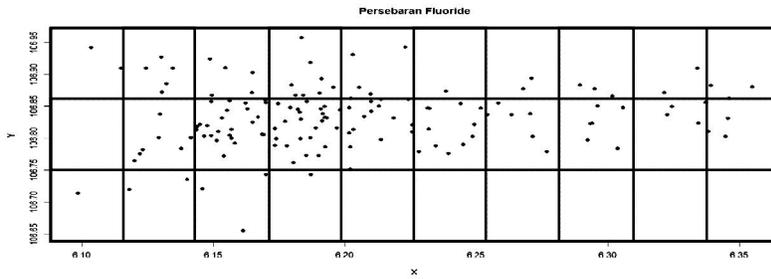
Hasil Baris					
Baris:	1	2	3	4	5
	0	-0.03	0.02		
Hasil Kolom					
Kolom:	1	2	3	4	5
	0.35	0.14	0	-0.02	-0.04

Dari proses median polish diperoleh hasil keseluruhan  $\tilde{a}$  sebesar 0,135. Kemudian hitung rata-rata median polish dengan menjumlah hasil keseluruhan, hasil tiap baris, dan hasil tiap kolom. Hasil dari rata-rata tersebut kemudian dijumlahkan dengan nilai residual untuk mendapatkan nilai estimasi. Hasil residual median polish disajikan pada Tabel 9. Adapun nilai residual untuk grid  $s_{31}$ ,  $s_{41}$  s<sub>5 1</sub> adalah 30,48.

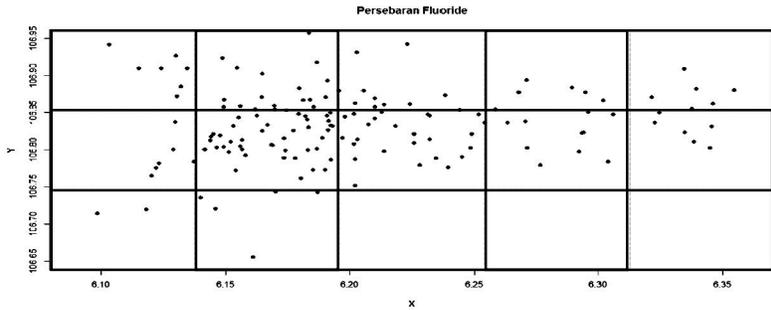
(a) Grid Ukuran  $10 \times 6$



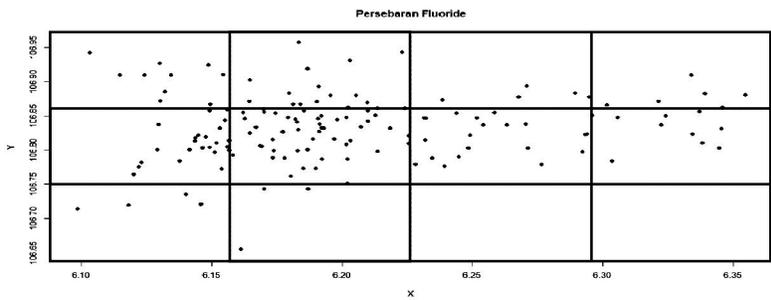
(b) Grid Ukuran  $10 \times 3$



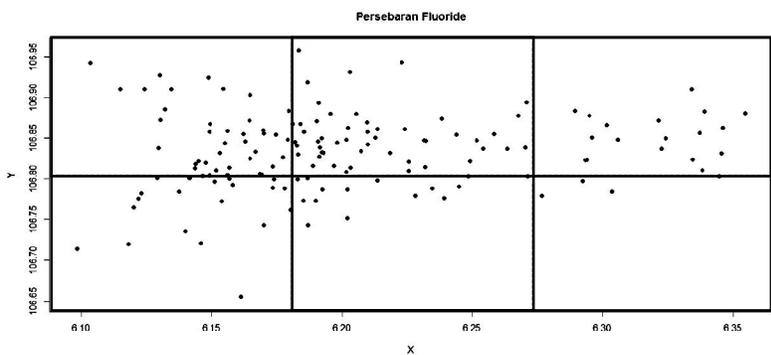
(c) Grid Ukuran  $5 \times 3$



(d) Grid Ukuran  $4 \times 3$



(e) Grid Ukuran  $3 \times 2$

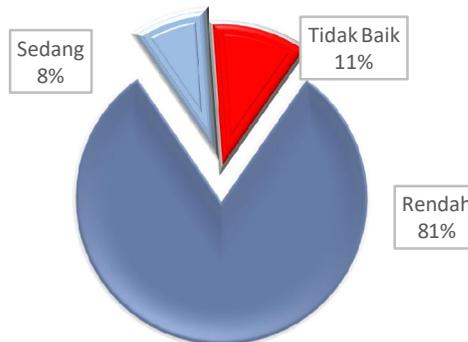


Gambar 6. Beberapa ukuran grid yang digunakan untuk mencari median.

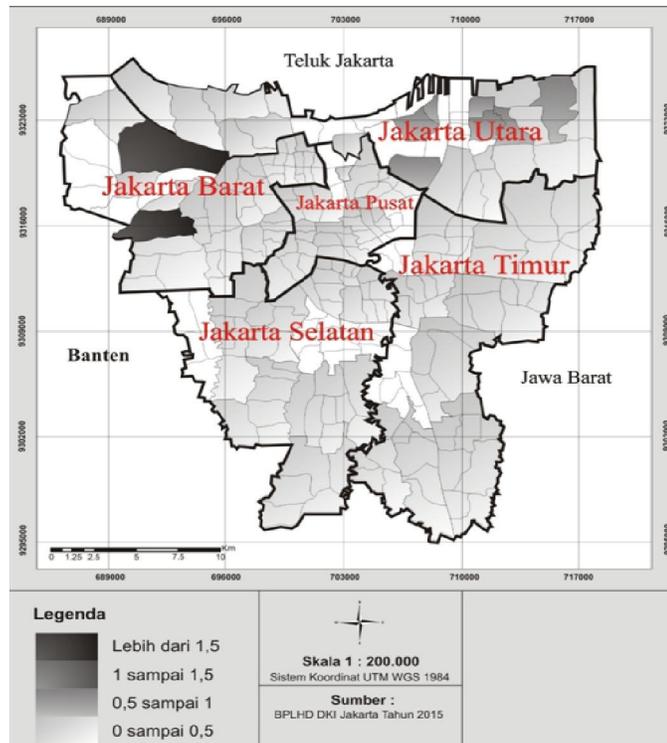
**Tabel 9.** Residual median polish

3	0.01	0	-0.02	-0.01	0.01
2	0	-0.03	0.02	0.01	-0.01
1	-0.01	0.01			
y / x	1	2	3	4	5

Diagram lingkaran merupakan rangkuman dari hasil interpolasi flourida air tanah disajikan pada Gambar 7 dan peta hasil interpolasi tertera pada Gambar 8. Kadar flourida di wilayah Jakarta Barat grid  $s_{4-1}$  dan  $s_{5-1}$  (Kelurahan Joglo dan Kelurahan Duri Kosambi) berada di atas batas aman yaitu di atas 1,5 mg/l sehingga air tanah di daerah tersebut tidak aman untuk dikonsumsi.



**Gambar 7.** Diagram lingkaran hasil interpolasi flourida air tanah.



**Gambar 8.** Peta hasil interpolasi flourida DKI Jakarta

## KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah berhasil diinterpolasi kandungan fluorida air tanah di DKI Jakarta tahun 2015 menggunakan metode Median Polish Kriging. Berdasarkan data yang digunakan, semivariogram yang valid adalah eksponential dengan nilai nugget effect 0,29, nilai sill 0,45 dan range sejauh 0,11. Semivariogram ini bermanfaat untuk menghitung rata-rata dan residual median polish yang akan digunakan untuk pembuatan grid. Untuk mencari median, peneliti menggunakan 5 buah bantuan grid dengan ukuran  $10 \times 6$ ,  $10 \times 3$ ,  $5 \times 3$ ,  $4 \times 3$ , dan  $3 \times 2$ . Namun median hanya dapat diperoleh pada grid berukuran  $5 \times 3$ . Oleh karena itulah, interpolasi kandungan fluorida air tanah hanya dapat dilakukan pada ukuran grid tersebut dengan semivariogram Eksponential. Hasil interpolasi menggunakan grid  $5 \times 3$  menunjukkan bahwa 81% daerah di Jakarta memiliki kadar fluorida rendah yaitu 0-0,5 mg/l, sebanyak 8% memiliki kadar kandungan fluorida sedang yaitu 0,5-1 mg/l, dan sebanyak 11% memiliki kadar yang tidak baik yakni di atas 1,5 mg/l. Kadar kandungan fluorida yang tinggi menunjukkan bahwa air tanah tersebut tidak aman untuk dikonsumsi. Daerah yang memiliki kadar fluorida yang tinggi terdapat pada Kelurahan Joglo dan Kelurahan Duri Kosambi yang terletak di Jakarta Barat.

## REFERENSI

- [1] Anonim, 2010, *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum*. Jakarta: Kepmenperindag.
- [2] Astriningrum, Yodifta, Suryadi, Herman, dan Azizahwati, Analisis Kandungan Ion Flourida pada Sampel Air Tanah dan Air PAM secara Spektrofotometri, *Majalah Ilmu Kefarmasian*, Vol. VII, No. 3; Desember 2010, pp. 46-57.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. SNI 01-0220-1987. *Air Minum*. Jakarta: BSN, 2005.
- [4] Berke, O., Modified Median Polish Kriging and it's Application to the Wolfcamp-Aquifer Data. *Environmetrics* 12. 2011, h: 731-748.
- [5] Cressie, Noel A. C., 1991, *Statistics for Spatial Data*. New York: John Wiley and Son.Inc.
- [6] Fawell, J., Bailey, K., Chilton, J., Dahi, E., Fewtrell, L., dan Magara, Y., 2006, *Fluoride in Drinking Water*. London: Iwa Publishing.
- [7] Hair, J.F. Jr, Black, W.C., Babin, B. J., dan Anderson, R.E., 2010, *Multivariate Data Analysis with Reading, Seventh Edition*. London: Pearson.
- [8] Pudjianto, E. W., 1984, *Analisa Kualitas Air: Pengendalian dan Pemeriksaan Sampel Air*. Surabaya: Bina Indra Karya.
- [9] Republik Indonesia, 2004, *Undang-Undang No. 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air*. Lembaran Negara RI Tahun 2004. Jakarta: Sekretariat Negara.
- [10] Tutmez, Bulent, 2014, Analyzing Non-Stationarity in Cement Stone Pit by Median Polish Interpolation: a Case Study, *Journal of Applied Statistics*, 41:2, pp. 454-466, DOI: 10.1080/02664763.2013.840274.
- [11] Widana, G. A. B., Astawa, K. P., dan Pasek, I K., 2014, Analisis Ion Flourida (F) dalam Air Minum Kemasan, PAM, dan Mata Air di Wilayah Kecamatan Buleleng Bali, *Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia VI*, ISBN: 979363174-0, Hal. 536–542.