

## **PEMETAAN SEBARAN pH TAILING DENGAN METODE GEOSTATISTIK GUNA EVALUASI PENGAPURAN PADA DAERAH REKLAMASI TN 1.1 AIR LEKOK MAPUR PT TIMAH (PERSERO) TBK**

### *Mapping the Distribution of Tailing pH Using Geostatistical Methods for Evaluating Liming Activity in Mine Reclamation of TN 1.1 Air Lekok Mapur PT Timah (Persero) Tbk*

**Imam Purwadi<sup>1</sup>, Harminuke Eko Handayani<sup>2</sup>, Hartini Iskandar<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km.32 Inderalaya Sumatera Selatan, Indonesia  
Telp/fax. (0711) 580137 ; email : imampurwadi312@gmail.com

**ABSTRAK** Sebagai sisa kegiatan penambangan timah, tailing mengandung mineral-mineral seperti pirite ( $\text{FeS}_2$ ), marcasite ( $\text{FeS}_2$ ), dan galena ( $\text{PbS}$ ) yang menyebabkan tanah menjadi asam. Rendahnya kadar asam (pH) menyebabkan tambang TN 1.1 Air Lekok Mapur tidak memiliki tanah lapisan atas yang subur. Oleh sebab itu, tailing yang digunakan sebagai media tanam perlu dinetralkan sebelum ditanami. Analisis sebaran pH tailing dan pengapuran yang telah dilakukan sebelumnya hanya pada kedalaman  $\pm 20$  cm. Analisa itu tidak cukup karena akar tanaman akan tumbuh lebih dalam lagi. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan pH tailing pada kedalaman  $\pm 20$  cm dan  $\pm 50$  cm dengan dua metode analisis spasial yaitu Geostatistik *Ordinary Kriging (OK)* dan *Deterministik Inverse Distance Weight (IDW)*. Hasil analisa statistik dan geostatistik diketahui bahwa penyebaran tingkat keasaman pada

kedalaman  $\pm 20$  cm dan  $\pm 50$  cm tidak jauh berbeda. Jadi dapat disimpulkan bahwa pengapuran perlu dilakukan sampai pada kedalaman  $\pm 50$  cm.

**Kata Kunci:** pH tailing, pengapuran, kriging biasa, pembobotan jarak terbalik.

**ABSTRACT** As the residue of tin mining, tailings contained minerals such as pyrite ( $\text{FeS}_2$ ), marcasite ( $\text{FeS}_2$ ), and galena ( $\text{PbS}$ ) that caused the soil become acidic. Therefore, TN 1.1 Air Lekok Mapur mine does not have good topsoil for growing plants. Consequently, before planting, the tailings must be neutralized. Previous analysis of the tailing pH and liming distribution was done only to the depth of  $\pm 20$  cm, which is not enough for plant's roots to grow deeper over a period of time. The purpose of this research is to map tailing pH distribution at the depth of  $\pm 20$  cm and  $\pm 50$  cm using two methods of spatial analysis: *Geostatistical Ordinary Kriging (OK)* and *Deterministic Inverse Distance Weight (IDW)*. The result of statistical and geostatistical analysis indicated that the spread of acidity level at the depth of  $\pm 20$  cm and  $\pm 50$  cm are not significantly different. Thus, it can be concluded that liming needs to be done to the depth of  $\pm 50$  cm.

**Keyword:** tailing pH, liming, ordinary kriging, inverse distance weight

---

Naskah masuk : 20 Februari 2015  
Naskah direvisi : 10 Juni 2015  
Naskah diterima : 19 November 2015

---

Imam Purwadi  
Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik,  
Universitas Sriwijaya  
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km.32 Inderalaya  
Sumatera Selatan, Indonesia  
Telp/fax. (0711) 580137 ; Email :  
Imampurwadi312@gmail.com

## PENDAHULUAN

TN 1.1. Air Lekok Mapur merupakan tambang timah yang ditambang dengan metode tambang semprot. Pada tambang ini tidak terdapat lapisan tanah atas yang subur sehingga kegiatan reklamasi menggunakan tailing sebagai media tanam. Tingkat keasamaan dari media tanam merupakan penentu dari ketersediaan nutrisi di dalam media tanam bagi tumbuhan. Mineral-mineral pirit ( $\text{FeS}_2$ ), Markasit ( $\text{FeS}_2$ ), dan galena ( $\text{PbS}$ ) yang terkandung didalam tailing akan menyebabkan pH tailing menjadi asam (Lottermoser, 2007). Padahal nilai pH menjadi salah satu aspek penentu kualitas lingkungan dan didaerah penelitian rata-rata nilai pH tailing adalah 4,346. Namun pengapuran dilokasi penelitian hanya dilakukan sampai kedalaman  $\pm 20$  cm. Untuk itu perlu dikaji lebih lanjut kondisi tingkat keasamaan tailing pada kedalaman lebih dari 20 cm, karena akar tanaman akan masuk lebih dalam lagi kedalam zona asam yang tidak terkapur. Hal ini dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi tidak sehat. Menurut Benton (2012) tanaman dapat tumbuh dengan baik pada pH 5 sampai 6,5. Sedangkan pada penilaian reklamasi sesuai Peraturan Menteri ESDM No 7 Tahun 2014, pH tanah terkategori baik apabila pH tanah berkisar antara 5 sampai 6.

Dalam kegiatan pengapuran, mengetahui penyebaran pH sangatlah penting. Pengapuran yang tidak memperhatikan variasi spasial dapat menyebabkan hasil yang kurang optimal dan pemupukan yang berlebih akan menyebabkan kualitas lingkungan berkurang (Redulla *et al.*, 1996; Webster dan Oliver, 2007 dan Oliver, 2010). Dengan memperhatikan variasi spasial maka kerusakan lingkungan akan terhindari dan menciptakan kondisi tanah yang baik.

Dengan menggunakan metode geostatistik maka kondisi sebaran pH tanah dapat diprediksi, sehingga tindakan yang diambil akan tepat sasaran (Wasiullah *et al.*, 2010). Metode geostatistik dengan cara kriging telah banyak digunakan dalam pengamatan spasial dan pembobotan jarak terbalik merupakan metode interpolasi deterministik yang paling banyak diterapkan.

## METODE

Penelitian dilakukan di TN 1.1 Air Lekok Mapur PT Timah (Persero), Tbk. berlokasi di Desa Mapur,

Kecamatan Riau Silip, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Sampel diambil dengan cara grid teratur berjarak 20 m x 20 m (Gambar 1) pada daerah seluas satu hektar dilokasi yang sama dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Purwadi (2014). Titik sampel ditentukan dengan bantuan program *ArcGIS* kemudian dilakukan pencarian terhadap titik-titik tersebut menggunakan GPS seperti yang dilakukan oleh Safari *et al.* (2013). GPS yang digunakan dalam penelitian ini adalah Garmin Etrex 30 dengan ketelitian kurang lebih 3 meter. pH sampel diukur secara insitu menggunakan alat soil pH Meter Lutron 212. Untuk kedalaman  $\pm 20$  cm dilakukan pengukuran langsung dengan menancapkan electrode sedangkan untuk kedalaman  $\pm 50$  cm sampel diambil terlebih dahulu dengan bantuan bor tangan.

Pada tahap awal nilai pH dianalisis secara statistik klasik untuk mengetahui parameter umum dari sebaran data seperti nilai terkecil, terbesar, nilai tengah, rata-rata, koefisien variasi dan variasi.

Interpolasi spasial data dilakukan dengan bantuan program *ArcGIS Geostatistical Analyst*. Dalam menginterpolasi spasial data yang ada akan dilakukan dengan metode deterministik pembobotan jarak terbalik yang selanjutnya disingkat IDW dan metode geostatistik kriging biasa yang selanjutnya disingkat OK.

### Metode Deterministik

Dalam menginterpolasi suatu data spasial dapat dilakukan secara deterministik. Beberapa metode yang termasuk dalam interpolasi deterministik adalah metode segitiga, *thiessen polygons*, pembobotan jarak terbalik, polynomial dan *splines* (Hengl, 2007).

Menurut Johnston *et al.* (2001) metode ini mengasumsikan bahwa variabel yang dekat memiliki nilai yang lebih memiliki kesamaan yang lebih dari pada variabel yang letaknya berjauhan. Untuk memperkirakan nilai yang tidak terukur pada berbagai lokasi IDW akan menggunakan nilai nilai yang ada disekitar lokasi tersebut. Nilai yang terdekat memiliki bobot yang lebih besar dari pada nilai yang jaraknya jauh dari titik yang akan diperkirakan. Persamaan umum dari IDW adalah sebagai berikut:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i \cdot Z(s_i) \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

$\hat{Z}(s_0)$  adalah nilai yang akan diprediksi di lokasi  $s_0$ ,  
 $N$  adalah banyaknya data disekitar nilai  $s_0$  yang digunakan untuk memprediksi nilai pada lokasi  $s_0$ ,  
 $\lambda_i$  adalah merupakan bobot yang dimiliki dari nilai terhitung dalam memprediksi,  
 $Z(s_i)$  adalah nilai terhitung pada lokasi  $s_i$ .

Sedangkan untuk menentukan besarnya bobot, menggunakan persamaan berikut:

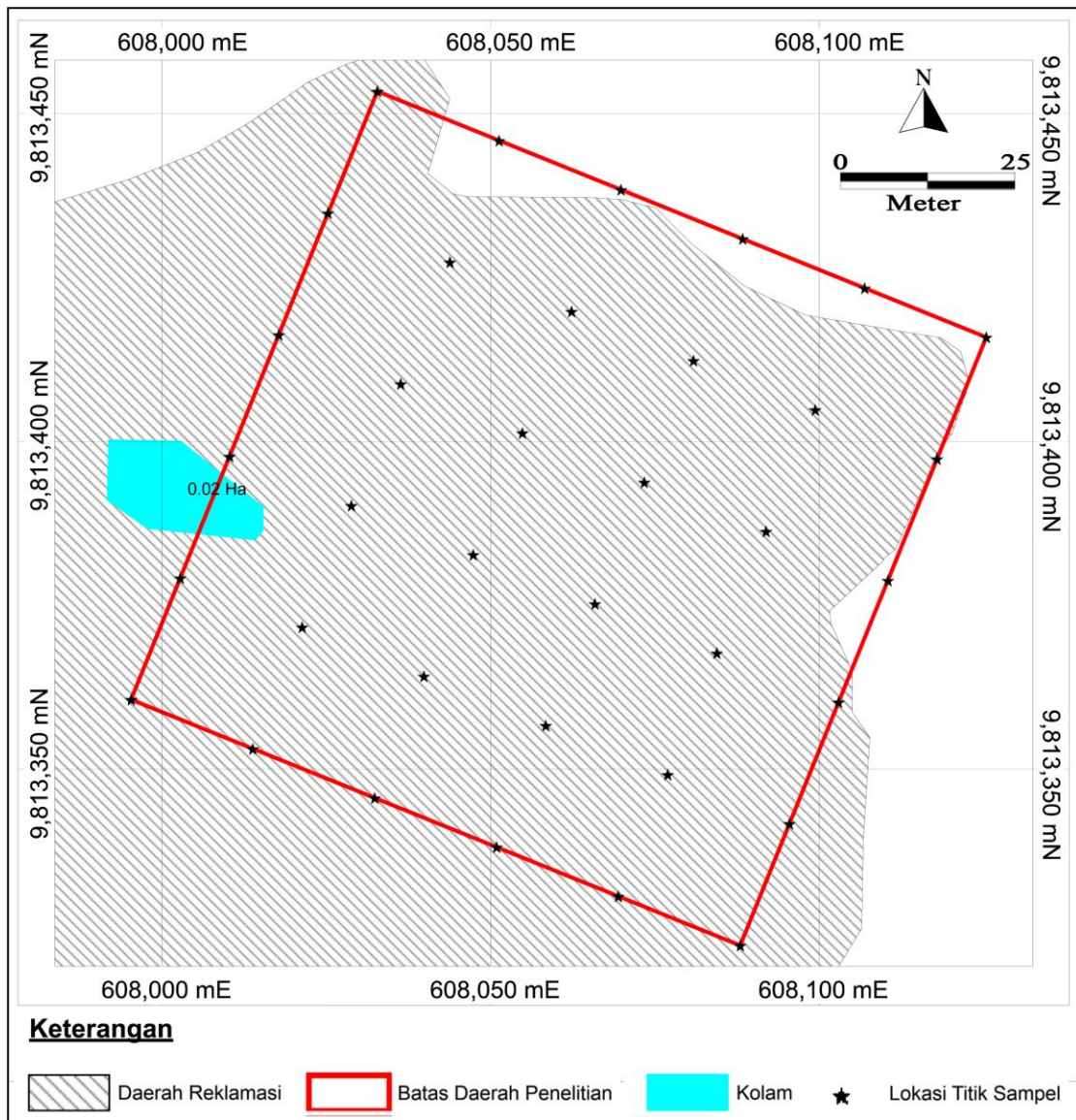
$$\lambda_i = d_{i0}^{-p} / \sum_{i=1}^N d_{i0}^{-p} \dots\dots\dots(2)$$

$d$  merupakan jarak dari lokasi nilai terhitung dengan jarak yang akan diprediksi. Semakin jauh jarak

maka nilai bobotnya akan berkurang yang disesuaikan dengan faktor  $p$ .

**Metode Geostatistik**

Di alam terdapat berbagai variabel yang dapat diamati secara spasial. Variabel ini dapat berupa variabel dari biologi (distribusi spesies dan kekayaan alam), hidrogeologi (jumlah air dan kondisi porositas) dan ilmu tanah (kadar polusi, dan pH) maupun kadar dan jumlah dari suatu endapan (Deutsch, 2002; Oliver, 2010). Metode Geostatistik mempertimbangkan hubungan spasial antar sampel terukur.



Gambar 1. Lokasi Pengamatan dan Pola Pengambilan Sampel.

1. Variogram

Data dari perhitungan statistik biasanya dirangkum oleh rata-rata, median, mode, dan variasi yang dilengkapi gambar daftar distribusi serta grafik histogram. Tetapi berbeda halnya ketika kita meringkas hasil perhitungan geostatistik karena sampel merupakan hasil proses acak dan disertai hubungan korelasi spasial yang dihitung dengan “variogram” ( Poshtmasari *et al.* 2012; Isaaks dan Srivastava, 1989).

Nilai dari semi-variogram dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\hat{\gamma} = \frac{1}{2m(h)} \sum_{i=1}^{m(h)} \{z(x_i) - z(x_i + h)\}^2 \dots\dots\dots(3)$$

dimana  $z(x_i)$  dan  $z(x_i+h)$  nilai dari  $z$  di posisi  $x_i$  dan  $x_i+h$  dan  $2m(h)$  adalah banyaknya pasangan pada jarak  $h$ .

2. Kriging Biasa

Kriging biasa berasumsi bahwa rata-rata tidak diketahui. Dengan mempertimbangkan variable acak, maka nilai  $Z$  dapat diukur dari poin sampel  $x_i, i = 1, \dots, N$ , dan kita menghitung nilai poin pada posisi  $x_0$  dengan persamaan

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) \dots\dots\dots(4)$$

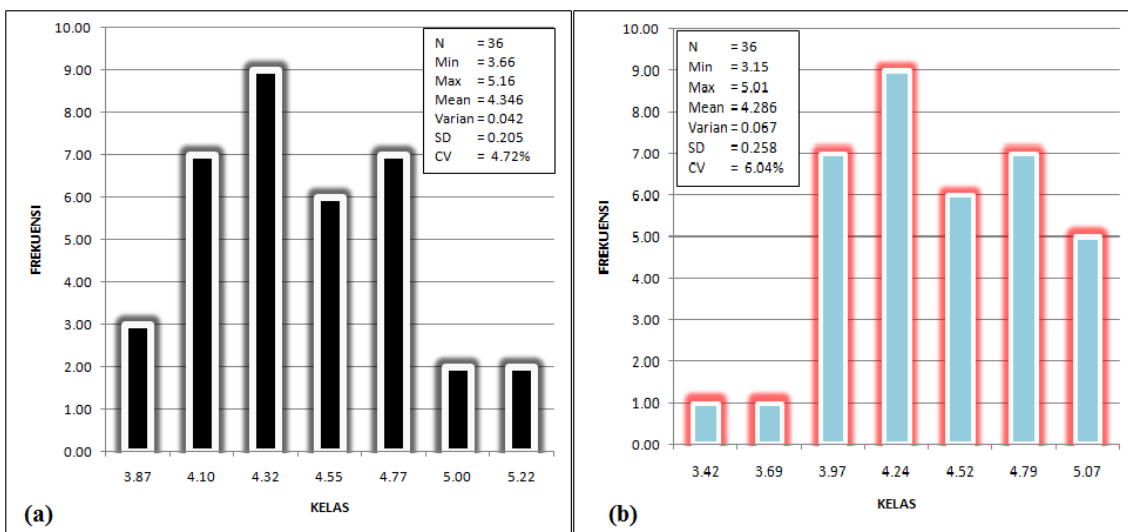
dimana  $n$  adalah banyaknya data yang berdekatan dengan nilai dan  $\lambda_i$  adalah faktor jarak, Dan untuk menyakinkan bahwa perhitungan tidak bias maka

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \dots\dots\dots(5)$$

Untuk menentukan metode yang terbaik maka dilakukan validasi ulang (*cross validation*) seperti menghitung rata-rata kesalahan (*mean error*) dan akar rata-rata kesalahan (*root mean square error*) (Poshtmasari *et al.*, 2012; Nalder dan Wein, 1998; Omran, 2012). Rata-rata kesalahan dan akar rata-rata kesalahan digunakan untuk menyatakan selisih antara nilai terukur dan nilai terprediksi. Untuk metode yang paling akurat maka nilai rata-rata kesalahan mendekati 0 dan model yang terbaik akan memberikan nilai akar rata-rata kesalahan terkecil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ringkasan hasil analisis statistik seperti nilai terkecil, terbesar, nilai tengah, rata-rata, koefisien variasi dan variasi pada kedalaman  $\pm 20$  cm dapat dilihat pada Gambar 2(a) dan kedalaman  $\pm 50$  cm pada Gambar 2(b). Berdasarkan analisis statistik pada kedalaman  $\pm 20$  cm dan kedalaman  $\pm 50$  cm diketahui nilai rata-rata tiap kedalaman adalah 4,346 dan 4,286 dan nilai koefisien variasi pH tailing tiap kedalaman adalah 4,72% dan 6,04%. Merujuk koefisien variasi untuk variasi properties tanah yang dikemukakan oleh Warrick (1998), nilai pH pada kedua kedalaman memiliki nilai variasi yang rendah ( $CV < 15\%$ ). Hal ini menunjukkan bahwa kondisi tingkat keasaman tailing pada kedalaman  $\pm 20$  cm dan kedalaman  $\pm 50$  cm tidak jauh berbeda.



Gambar 2. Histogram Hasil Analisa Statistik PH Tailing : (a) Kedalaman  $\pm 20$  cm (Purwadi, I., 2014) dan (b) Kedalaman  $\pm 50$  cm.

Tabel 1. Parameter Model Variogram.

Kedalaman	Model Variogram	Range (a)		Sill (Co+C)	Nugget (Co)	Ketergantungan Spasial
		Mayor	Minor			
20 cm	Sferis	97,0%/120 m	187,0%/40,2 m	0,140	0,047	33,57% Menengah
	Eksponensial	96,1%/120 m	186,1%/40,2 m	0,144	0,005	3,47% Kuat
50 cm	Sferis	110,7%/120 m	200,7%/40,2 m	0,185	0,105	56,75% Menengah
	Eksponensial	107,4%/120 m	197,4%/42,0 m	0,188	0,073	38,82% Menengah

Untuk mengetahui kemungkinan struktur spasial dari penyebaran pH maka dilakukan analisis variogram dengan menggunakan sferis dan eksponensial. Selain itu analisis variogram juga bertujuan mengetahui tingkat ketergantungan antar nilai pH serta parameter yang akan digunakan dalam interpolasi kriging. Mengacu kepada Cambardella (1994) penyebaran pH pada daerah pengamatan memiliki ketergantungan spasial menengah, kecuali pada kedalaman ± 20 cm eksponensial model ketergantungan spasial yang kuat (Tabel 1). Selain itu pada daerah penelitian pada kedua kedalaman tersebut menunjukkan terjadinya anisotropi geometrik, ini terlihat dari nilai sill pada kedua kedalaman tersebut pada berbagai arah sama akan tetapi memiliki nilai range (daerah pengaruh) yang berbeda-beda tiap arah. Dari nilai jarak antar utama (*major range*) yang terjadi pada penyebaran nilai pH

menunjukkan kalau arah penyebaran di kedua kedalaman tersebut memiliki arah kecenderungan penyebaran yang sama yaitu searah barat-timur.

Setelah melakukan pemodelan variogram, maka dilakukan interpolasi spasial untuk memprediksi sebaran pH dengan parameter-parameter yang telah diketahui (Tabel 2). Interpolasi spasial dilakukan dengan metode pembobotan jarak terbalik pangkat 2 dan pangkat 3 dan metode kriging biasa, sferis dan eksponensial variogram. Peta hasil interpolasi dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4. Dari hasil validasi ulang (*cross-validation*) diketahui metode yang terbaik adalah metode geostatistik kriging biasa eksponensial model (Gambar 4(d) dan Gambar 5(d)), karena memiliki nilai rata-rata kesalahan mendekati nol dan nilai akar rata-rata kesalahan terkecil. Dari Tabel 3 dan Tabel 4 dapat dilihat bahwa metode kriging memberikan tingkat keakuratan yang terbaik

Tabel 2. Parameter-Parameter Untuk Metode Interpolasi.

No	Parameter	Pembobotan Jarak Terbalik		Kriging Biasa	
		Pangkat 2	Pangkat 3	Sferis	Eksponensial
1	<i>Pencarian sampel</i>				
	Pembagian daerah pencarian	4	4	4	4
	Banyak sampel	8	8	8	8
	Sampel paling sedikit	1	1	1	1
	Sudut	0	0	97,03°	96,15°
	Jarak sumbu mayor	50	50	120	120
	Jarak sumbu minor	50	50	40,26	40,26
2	<i>Variogram</i>				
	Banyak lag	-	-	6	6
	Jarak lag	-	-	20	20
	Nugget	-	-	0,04757	0,00575
	Daerah pengaruh ( <i>Range</i> )	-	-	120	120
	Anisotropi geometrik	-	-	Yes	Yes
	Radius minor	-	-	40,26	40,26
	Arah	-	-	97,03°	96,15°
	Sill parsial	-	-	0,093	0,138



Tabel 3. Hasil Validasi Ulang Kedalaman  $\pm 20$  cm (Purwadi, 2014)

Depth	Metode Interpolasi	Model	Rata-Rata Kesalahan	Akar Rata-Rata Kesalahan
-------	--------------------	-------	---------------------	--------------------------

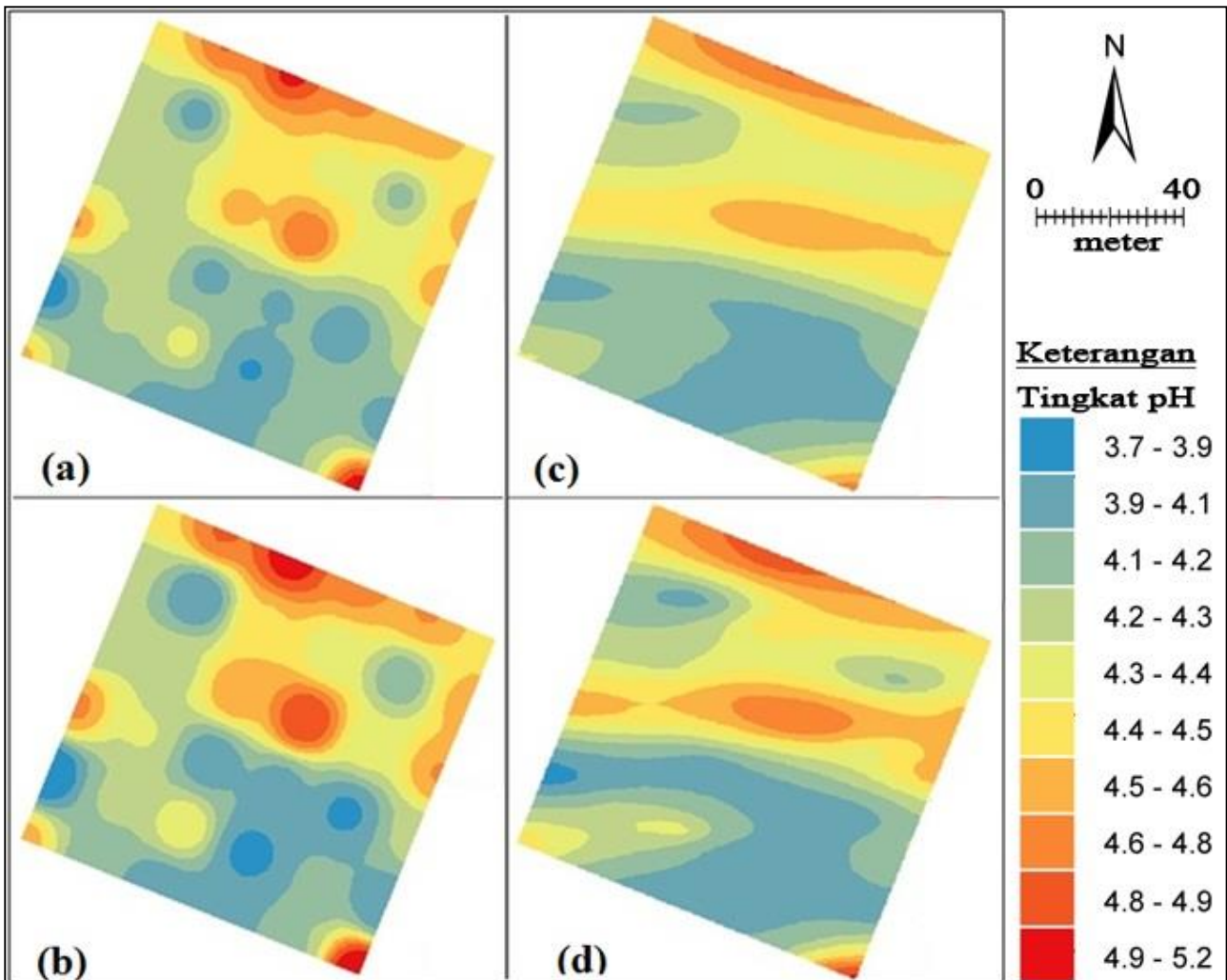
Tabel 4. Hasil Validasi Ulang Kedalaman  $\pm 50$  cm

Depth	Metode Interpolasi	Model	Rata-Rata Kesalahan	Akar Rata-Rata Kesalahan
$\pm$ 50 cm	Kriging Biasa	Sferis	-0,0152	0,4040
		Eksponensial	-0,0146	0,4004
	Pembobotan Jarak Terbalik	Pangkat 2	-0,03243	0,4118
		Pangkat 3	-0,03366	0,4073

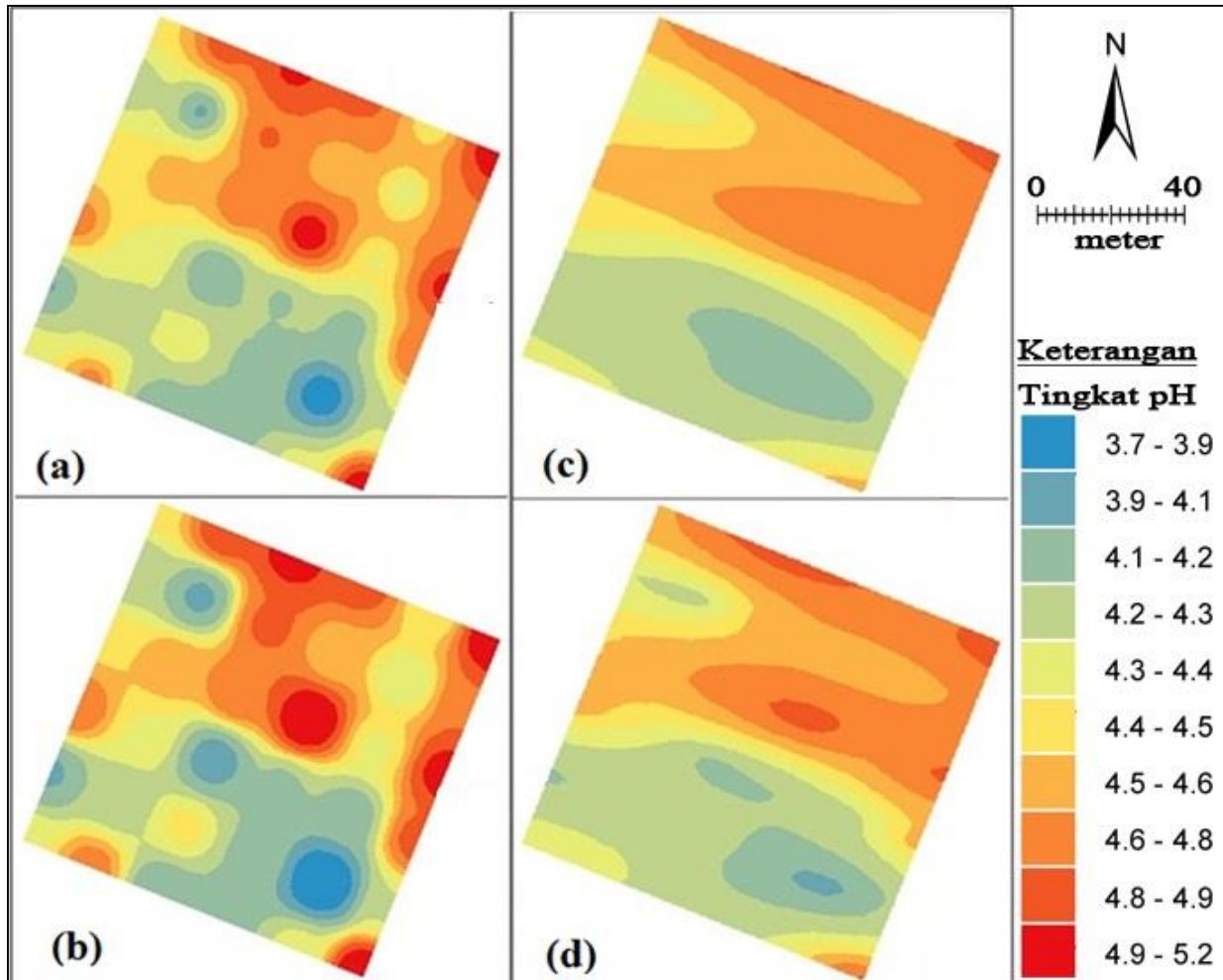
dibandingkan metode pembobotan jarak terbalik pada kedua kedalaman.

Dari hasil analisis statistik terlihat bahwa pada kedalaman  $\pm 50$  cm menunjukkan kondisi yang lebih

asam dari pada kedalaman  $\pm 20$  cm dan pada peta sebaran pH kedalaman  $\pm 20$  cm lebih bervariasi dari pada kedalaman  $\pm 50$  cm. Jadi pengapuran perlu dilakukan pada kedalaman  $\pm 50$  cm.



Gambar 3. Peta sebaran pH tailing kedalaman 20 cm (Purwadi, 2014): (a) metode pembobotan jarak terbalik pangkat 2, (b) metode pembobotan jarak terbalik pangkat 3, (c) metode kriging biasa sferis dan (d) metode kriging biasa eksponensial.



Gambar 4. Peta sebaran pH tailing kedalaman 50 cm: (a) metode pembobotan jarak terbalik pangkat 2, (b) metode pembobotan jarak terbalik pangkat 3, (c) metode kriging biasa sferis dan (d) metode kriging biasa eksponensial.

Untuk menguji homogenitas varian dilakukan uji F dengan taraf signifikan 0,01. Dengan hipotesa dikatakan homogen ( $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ ) apabila F hitung lebih kecil dari pada F kritis. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diketahui bahwa F hitung sebesar 1,358 dan F 0,01 sebesar 2,23. Karena F hitung lebih kecil dari pada F kritis maka hipotesa diterima.

### KESIMPULAN

Dari analisis yang dilakukan baik analisis statistik klasik maupun geostatistik sebaran pH tailing pada daerah pengamatan memiliki nilai variasi yang kecil yang menunjukkan kecenderungan

mendekati nilai rata-rata pH tailing. Tingkat ketergantungan antar titik sampel pH tailing pada daerah pengamatan pada kedalaman  $\pm 20$  cm dan  $\pm 50$  cm memiliki tingkat ketergantungan menengah sampai kuat. Hasil dari interpolasi spasial pada daerah pengamatan, metode kriging biasa memberikan hasil terbaik dengan bias terkecil. Setelah membandingkan hasil analisis statistik terlihat bahwa pada kedalaman  $\pm 50$  cm menunjukkan kondisi yang lebih asam dari pada kedalaman  $\pm 20$  cm dan hasil uji F menunjukkan kalau pH pada kedua kedalaman homogen. Sehingga pengapuran kedalaman  $\pm 50$  cm perlu dilakukan.

## DAFTAR PUSAKA

- Benton, J. J., 2012. Plant Nutrition and Soil Fertility Manual, CRC Press. Boca Raton.
- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Jeff, N., Parkin, T.B., Karlen., D.L., Ronald., dan F.T., 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58. 1501-1511.
- Deutsch, C.V., 2002. Geostatistical reservoir modeling 1st ed. Oxford University Press. New York.
- Hengl, T., 2007. A Practical Guide to Geostatistical Mapping of Environmental Variables. Luxembourg.
- Isaaks, E.H., dan Srivastava, R.M., 1989. Applied Geostatistic. Oxford University Press: New York.
- Johnston, K., Ver Hoef, J.M., Krivoruchko, K., and Lucas, N., 2001. Using ArcGIS Geostatistical Analyst. ESRI. New York
- Lottermoser, B.G. 2007. Mine Wastes: Characterization, Treatment, Environmental Impacts. Springer: New York.
- Nalder, I.A. Wein, R.W., 1998. Spatial interpolation of climatic normals: Test of a new methods in the Canadian boreal forest. *Agricultural and Forest Meteorology*. 92, 211-225
- Oliver, M.A., 2010 (ed). Geostatistical Application For Precision Agriculture. Springer. London.
- Omran, E.E., 2012. Improving the Prediction Auccuracy of Soil Mapping through Geostatistics. *International Journal of Geosciences*.3, 574-590.
- Poshtmasari, H.K., Sarvestani, Z.T., Kamkar, B., Shataei, S., dan Sadeghi , S. 2012. Comparison of interpolation methods for estimating pH and EC in agricultural fields of Golestan Province (North of Iran). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 4, 157-167.
- Purwadi. I., 2014. Analisa Spasial Sebaran pH Tailing Dan Perhitungan Kebutuhan Kapur. Prosiding TPT XXIII PERHAPI. 24-26 November 2014. Makassar, Indonesia.
- Redulla, C.A., Havlin, J.L., Kluitenberg G.J., Zhang, N., dan Schrock, M.D., 1996. Variable nitrogen management for improving groundwater quality. *Proceedings of the 3rd International Conference on Precision Agriculture*, Minneapolis, MN. 1101-1110.
- Safari, Y., Boroujeni, I.E., Kamali, K., Salehi, M.H., dan Bodaghabad, M.G., 2013. Mapping of the soil texture using geostatistical method (a case study of the Shahrekord Plain, Central Iran). *Arabian Journal of Geosciences*, 6, 3331-3339.
- Webster, R., dan Oliver, M.A., 2007. Geostatistics for Environmental Scientists. John Wiley & Sons, Inc. England.
- Warrick, A.W., dan Daniel Hillel (editor)., 1998. Spatial Variability dalam Environmental Soil Physics. San Diego. Academic Press. 655-675.
- Wasiullah, Bhatti, A.U., Khan, F., dan Akmal, M., 2010. Spatial variability and geo-statistics application for mapping of soil properties and nutrients in semi arid district Kohat of Khyber Pakhtunkhwa (Pakistan). *Soil & Environ*, 2, 159-166.