

PENAKSIRAN DATA *COMPOSITE* JUMLAH HAMBATAN LEKAT MENGGUNAKAN METODE *ORDINARY KRIGING*

Ririn Amelia¹ dan Guskarnali²

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik

²Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik

Kampus Terpadu UBB, Balunujuk, Merawang, Bangka

Kepulauan Bangka Belitung, 33172

E-mail: rynamelia.babel@yahoo.com¹, guskarnali@gmail.com²

ABSTRAK

Geostatistik merupakan cabang ilmu statistik yang digunakan untuk menganalisis dan melakukan penaksiran terhadap data spasial. Salah satu metode yang digunakan dalam penaksiran data spasial adalah metode *Ordinary Kriging* (OK). Penaksiran menggunakan metode ini memerlukan salah satu fungsi yang disebut semivariogram. Dalam penelitian ini digunakan semivariogram anisotropik dengan melakukan pencocokan data menggunakan 3 model teoritis yaitu *spherical*, *exponential*, dan *Gaussian*. Melalui parameter semivariogram ini diperoleh data estimasi dan galat kriging yang diproses menggunakan *ordinary kriging*. Data Jumlah Hambatan Lekat (JHL) diperoleh dari pengambilan data secara acak pada 15 titik lokasi berdasarkan hasil penyelidikan tanah menggunakan *Cone Penetration Test* (CPT) di kawasan Universitas Bangka Belitung. Pengambilan data sampel dilakukan per kedalaman 20 cm yang kemudian dilakukan proses *composite* sesuai dengan kedalaman titik lokasi. Hal ini dilakukan untuk melihat pengaruh tingkat kekerasan tanah secara keseluruhan di setiap titik lokasi. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh pola penyebaran data JHL bervariasi dan tersebar di sekitar barat laut lokasi penelitian. Hasil validasi silang (*cross validation*) menunjukkan model *exponential* representatif terhadap penyebaran dari keseluruhan data JHL dengan tingkat kepercayaan sebesar 45,2%.

Kata kunci: *composite*, *exponential*, *ordinary kriging*

PENDAHULUAN

Tanah memiliki struktur lapisan yang berbeda-beda, hal ini sangat mempengaruhi kekuatan tanah dalam menompang konstruksi bangunan yang berada di atasnya. Sebagai penyalur beban langsung ke dalam lapisan tanah, pondasi memiliki sifat yang mendasar untuk meneruskan beban yang datang dari struktur bagian atas (Rao, 2011). Sebuah pondasi harus direncanakan agar mampu menopang besarnya beban dan berat struktur bangunan. Untuk itu data hasil penyelidikan tanah sangat penting dalam perencanaan pondasi.

Salah satu alat yang dapat digunakan dalam penyelidikan tanah adalah *Cone Penetration Test* (CPT). CPT digunakan untuk penyelidikan tanah secara detail sebagai kontrol kualitas konstruksi (Tarawneh, 2014). Sebelum penyelidikan tanah dilakukan perlu ditentukan terlebih dahulu untuk letak dan banyaknya titik penyelidikan. Penentuan tersebut didasarkan pada jenis dan karakteristik struktur bangunan yang direncanakan. Jika dalam suatu wilayah rencana belum ada hasil penyelidikan tanah, maka dapat dimanfaatkan dari hasil penyelidikan tanah terdahulu, dengan menganggap bahwa lokasi wilayah rencana dekat dengan lokasi terdahulu. Hal ini dapat memberikan gambaran kondisi tanah pada wilayah rencana, dengan alasan bahwa ada fenomena yang saling berhubungan antar titik lokasi penyelidikan tanah.

Kejadian seperti ini merupakan salah satu contoh dari proses stokastik dengan indeks parameternya adalah lokasi. Sehingga dapat dianalisis menggunakan analisis spasial atau dikenal sebagai geostatistika.

Hubungan antar lokasi yang terdistribusi secara spasial dapat dipelajari dalam geostatistik. Geostatistik merupakan cabang ilmu statistik yang digunakan untuk menganalisis dan melakukan penaksiran terhadap data spasial. Salah satu metode yang digunakan dalam penaksiran data spasial adalah metode *Ordinary Kriging* (OK).

Penaksiran menggunakan metode OK memerlukan salah satu fungsi yang disebut semivariogram. Semivariogram sering digunakan untuk menggambarkan, memodelkan dan menjelaskan korelasi spasial antar observasi. Terdapat dua jenis semivariogram yaitu semivariogram isotropik dan anisotropik. Perbedaannya adalah isotropik hanya bergantung pada jarak sedangkan anisotropik tidak hanya bergantung pada jarak namun juga pada arah. Terdapat tiga model teoritis semivariogram yang sering digunakan adalah *spherical*, *exponential*, dan *Gaussian*.

Dalam penelitian ini, akan digunakan data Jumlah Hambatan Lekat (JHL) yang dihasilkan dari penyelidikan tanah di sekitar kawasan kampus Universitas Bangka Belitung (UBB). Namun dikarenakan adanya heterogenitas sifat tanah dan fenomena ketergantungan antar lokasi titik data, maka penulis mencoba untuk menganalisis data *composite* dari JHL menggunakan metode OK. Kemudian akan dikembangkan untuk suatu informasi yang bermanfaat bagi berbagai pihak.

METODE PENELITIAN

Data JHL yang digunakan dalam penelitian ini tersebar sebanyak 15 titik lokasi dengan kedalaman per 20 cm yang berada di sekitar kawasan kampus UBB

(Gambar 1). Setelah pengambilan data JHL dilakukan proses *composite* sesuai dengan kedalaman titik lokasi. Proses ini dilakukan untuk melihat pengaruh tingkat kekerasan tanah secara keseluruhan di setiap titik lokasi. Kemudian dilakukan analisis statistik deskriptif untuk melihat data secara keseluruhan setelah terjadi proses *composite*.



Gambar 1. Lokasi pengambilan data JHL

Untuk mengukur efek spasial dari data *composite* JHL digunakan semivariogram. Hal ini dilakukan untuk menentukan jarak dimana nilai-nilai data pengamatan menjadi tidak saling tergantung atau tidak ada korelasinya. Semivariogram teoritis dapat didefinisikan sebagai:

$$\gamma(d) = \frac{1}{2} \text{Var}[Z(s+d) - Z(d)] = \frac{1}{2} E[Z(s+d) - Z(d)]^2 \quad (1)$$

Kemudian untuk data observasi tersebut dapat di aproksimasi menggunakan semivariogram eksperimental:

$$\hat{\gamma}(d) = \frac{1}{2(N(d))} \sum_{i \neq j, i=1}^{N(d)} [Z(s_j) - Z(s_i)]^2 \quad (2)$$

dengan:

$$s_j = s_i + d$$

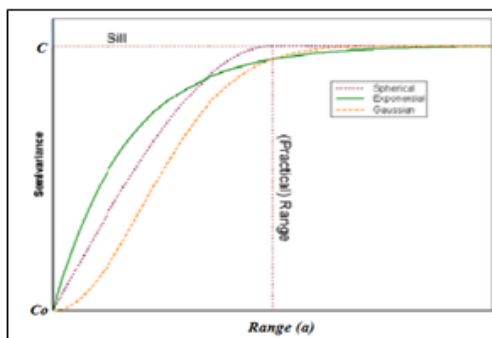
s_i = lokasi - lokasi sampel

$Z(s_i)$ = Nilai observasi pada lokasi s

$N(d)$ = Nilai Banyaknya pasangan data yang berjarak d

$\hat{\gamma}(d)$ = Semivariogram eksperimental pada jarak d

Terdapat tiga parameter yang menjadi penentu dari tingkat keberhasilan dari analisis spasial, yaitu *nugget effect* (C_0), *sill* (C), dan *range* (a) yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Model teoritis semivariogram

Korelasi spasial dikatakan baik jika nilai *nugget effect* kecil, *sill* dan *range* besar dan sebaliknya jika nilai *nugget effect* besar sedangkan nilai *sill* dan *range* kecil. Hal ini mengidentifikasi bahwa korelasi spasial antar data yang diamati tidak mewakili dari data secara keseluruhan. Sehingga perlu dilakukan pengambilan

data tambahan yang lebih teliti dengan jumlah data yang banyak dan jarak antar data teratur dan dekat. Selanjutnya tiga model semivariogram yang akan digunakan, yaitu:

Spherical,

$$\gamma(d) = C_0 + C \left[\frac{3}{2} \left(\frac{d}{a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{d}{a} \right)^3 \right], 0 \leq d \leq a \quad (3)$$

Exponential,

$$\gamma(d) = C_0 + C \left[1 - \exp \left(-\frac{d}{a} \right) \right] \quad (4)$$

Gaussian,

$$\gamma(d) = C_0 + C \left[1 - \exp \left(-\left(\frac{d}{a} \right)^2 \right) \right] \quad (5)$$

Model semivariogram diperlukan untuk menginterpolasi variabel di sekitar lokasi observasi terhadap semivariogram eksperimental data sampel (data *composite* JHL) sehingga memperoleh parameter semivariogram (*nuggets effect*, *sill*, dan *range*). Parameter tersebut akan digunakan sebagai penaksiran disekitar lokasi observasi menggunakan metode OK. Metode ini menghasilkan prediksi atau kriging variansi (galat) dari tiap-tiap grid yang memiliki satu nilai estimasi dan kriging variansi tersebut. Kriging variansi merupakan parameter tingkat keyakinan dari suatu data estimasi, artinya suatu data estimasi dikatakan baik jika memiliki nilai kriging variansi yang lebih kecil. Metode OK juga merupakan metode interpolasi yang menghasilkan estimasi tak bias yang disebut juga sebagai *Best Linear Unbiased Estimator* (BLUE). Nilai estimasi pada variabel yang ditaksir menggunakan persamaan $\hat{Z} = \sum_{i=1}^n w_i Z_i$ dengan $\sum_{i=1}^n w_i = 1$.

$\hat{Z}$ merupakan nilai taksiran dan Z_i nilai dari sampel di lokasi- i yang dibobot, w_i merupakan bobot sampel (*weighted average*). Bobot sampel tidak hanya didasarkan pada jarak antara ukuran dan lokasi titik prediksi tetapi juga pada keseluruhan letak titik-titik yang diukur disekitar observasi lapangan.

Tahap selanjutnya adalah melakukan validasi silang (*cross validation*) sebagai salah satu cara untuk menguji tingkat keakuratan hasil estimasi suatu model. Metode ini menggunakan seluruh data untuk mendapatkan suatu model dari data *composite* JHL yang menghasilkan nilai tingkat keakuratan data (koefisien korelasi). Tingkat kepercayaan hasil penaksiran dikatakan baik jika nilai koefisien korelasi mendekati satu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

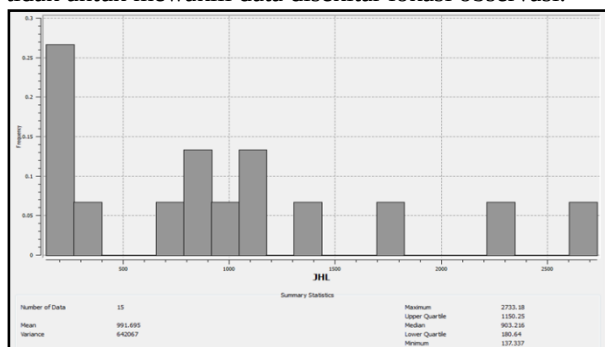
Data *composite* JHL pada setiap sampel dilokasi observasi ditunjukkan pada Tabel 1. Dari data *composite* JHL menunjukkan nilai jumlah hambatan lekat dari 15 sampel yang terkecil terletak pada titik sampel ke-6 dengan nilai 137,34 sedangkan sampel yang terbesar memiliki nilai 2733,18 pada titik sampel ke-9. Perbedaan nilai *composite* JHL pada titik sampel dilokasi observasi diduga dikarenakan faktor letak pengambilan sampel dimana titik sampel ke-6 diambil pada keadaan lapisan tanah yang lunak sedangkan letak

dari titik sampel ke-9 pada keadaan lapisan tanah yang keras atau memiliki nilai *resistance* yang besar.

Tabel 1. Data *composite* JHL

Titik sampel	X	Y	Data Composite JHL
1	619648	9771224	284.14
2	619617	9771170	143.04
3	619589	9771117	143.49
4	619617	9771022	180.64
5	619667	9770989	874.43
6	619717	9770961	137.34
7	619727	9770893	903.22
8	619762	9770881	1073.07
9	619764	9770829	2733.18
10	619903	9771077	1150.25
11	619986	9771096	773.99
12	620013	9771038	2307.23
13	619862	9770915	1434.19
14	619975	9770900	970.58
15	619904	9770874	1766.63

Data *composite* JHL kemudian dilakukan analisis deskriptif statistik unvarian yang ditunjukkan pada Tabel 2 sedangkan untuk mengetahui distribusi data *composite* JHL yang digunakan dalam penelitian diwakilkan dengan diagram batang (Gambar 3). Hal ini dilakukan untuk mengetahui korelasi hasil deskriptif statistik dari diagram batang dengan unvarian data *composite* JHL. Nilai variansi dan mean merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui besaran pengaruh dari data sampel yang digunakan terhadap keseluruhan data sampel yang dikatakan layak atau tidak untuk mewakili data disekitar lokasi observasi.



Gambar 3. Diagram batang data *composite* JHL

Hasil analisis deskriptif statistik unvarian dan diagram batang menunjukkan nilai variansi sebesar 642067,4 dan *mean* sebesar 991,695. Jika nilai variansi di akar kuadratkan akan menjadi simpangan baku (standar deviasi) sebesar 801,29. *Mean* merupakan nilai rerata data sampel yang digunakan untuk melakukan penaksiran yang mewakili dari lokasi observasi. Nilai *mean* yang lebih besar dari nilai standar deviasi (simpangan galat) menjelaskan bahwa nilai rerata data *composite* JHL mewakili dari keseluruhan data di lokasi observasi dikatakan layak, hal ini didukung dengan hubungan antar data sampel

yang besar (mendekati nilai 1) yaitu 0,808. Nilai koefisien variasi ini menunjukkan bahwa kecilnya perbedaan pengaruh antar data titik sampel dilokasi observasi sehingga data *composite* JHL masih dapat digunakan untuk melakukan penaksiran data JHL tanpa perlu dilakukan penambahan dan pengelompokkan (pencilan data).

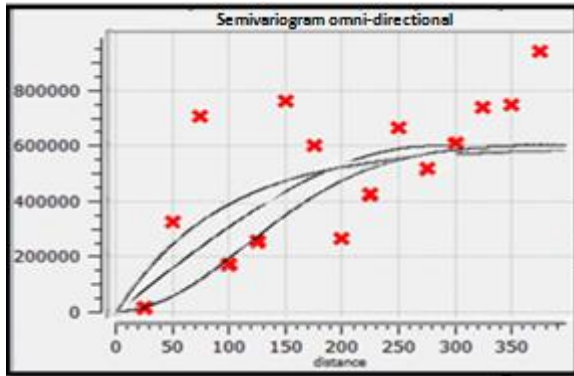
Tabel 2. Analisis deskriptif statistik unvarian data *composite* JHL

Parameter	Nilai
Mean	991.6952
Standard Error	206.8925
Median	903.2164
Standard Deviation	801.2911
Variance	642067.4
Kurtosis	0.188512
Skewness	0.860143
Jangkauan	2595.843
Minimum	137.3368
Maksimum	2733.18
Jumlah data	14875.43
Jumlah sampel	15
Coefficient of variation	0.808
Confidence Level (95.0%)	443.7402

Untuk membantu menganalisis penaksiran data *composite* JHL di lokasi observasi digunakan perangkat lunak yang *open sources* seperti SGeMS (Stanford Geostatistical Modeling Software). Penggunaan perangkat lunak geostatistik ini memudahkan dalam menganalisis hubungan secara spasial antar titik sampel.

Analisis spasial yang dilakukan menggunakan parameter semivariogram. Model semivariogram yang sering digunakan seperti model *spherical*, *exponential*, dan *gaussian* sedangkan pencarian hubungan antar data *composite* JHL di daerah penelitian menggunakan semivariogram yang bersifat isotropik dengan korelasi spasial antar data *composite* JHL ke segala arah (*omni-directional*). Hasil pencocokan data antara model semivariogram dengan data *composite* JHL secara visual menunjukkan *track* yang sama atau trend garis hitam dari model semivariogram mewakili antar penyebaran sampel dari data *composite* JHL (symbol x-merah).

Parameter model semivariogram (*spherical*, *exponential*, dan *gaussian*) yang digunakan pada penelitian ini sama yaitu nilai *nugget effect* sebesar nol, nilai *range* sebesar 350meter, dan nilai *sill* sebesar 600.000. Hal ini dilakukan untuk mencari seberapa besar nilai pengaruh sebaran jumlah hambatan lekat (JHL) di setiap titik sampel dalam menaksirkan data *composite* JHL di lokasi observasi. Hasil pencocokan data *composite* JHL dengan model semivariogram ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil *fitting* semivariogram data *composite* JHL terhadap model semivariogram *spherical*, *exponential*, dan *gaussian*.

Parameter model semivariogram yang telah diperoleh, digunakan untuk melakukan penaksiran data *composite* JHL di lokasi observasi dengan ukuran dimensi per blok sebesar 24x24x1meter. Selanjutnya, dengan penaksiran menggunakan metode OK terlihat pengaruh seberapa jauh titik sampel tersebut terhadap daerah yang tidak tersampel. Berdasarkan penaksiran data *composite* JHL dari ketiga model semivariogram dihasilkan data estimasi dan kriging variansi, untuk interval nilai hasil estimasi dan kriging variansi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data interval nilai penaksiran data *composite* JHL menggunakan metode OK

Hasil Penaksiran Metode OK		Model semivariogram		
		Sph	Exp	Gaussian
Estimasi	Min	122,9	151,7	160,4
	Max	1.880	2.733	2.767
Kriging variansi	Min	$1,4 \cdot 10^5$	10^{-4}	10^{-4}
	Max	$4,1 \cdot 10^5$	$7,6 \cdot 10^5$	$5,9 \cdot 10^5$

Besarnya nilai data *composite* JHL tergantung dari *resistance* tanah yang berada pada lokasi observasi. Sebanyak 15 titik sampel yang tersebar di lokasi observasi menunjukkan titik sampel ke-9 dan titik sampel ke-12 memiliki nilai data *composite* JHL yang besar yaitu 2.733,18 kg/cm² dan 2.307,23 kg/cm².

Penaksiran data *composite* JHL ini menunjukkan variasi nilai estimasi dan kriging variansi yang hampir sama untuk ketiga model semivariogram. Hasil penaksiran data pada titik sampel ke-9 dan ke-12 untuk ketiga model semivariogram ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil penaksiran data *composite* JHL pada titik sampel ke-9 dan ke-12

Hasil Penaksiran	Sph	Exp	Gaussian
Estimasi	≥ 1.529	≥ 2.217	≥ 2.056
Kriging variansi	$\leq 2,4 \cdot 10^5$	$\leq 2,2 \cdot 10^5$	$\leq 1,56 \cdot 10^5$

Langkah selanjutnya melakukan validasi silang terhadap data *composite* JHL. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kepercayaan dari data *composite* JHL yang digunakan terhadap data estimasi di lokasi observasi. Hasil validasi silang dari tiga

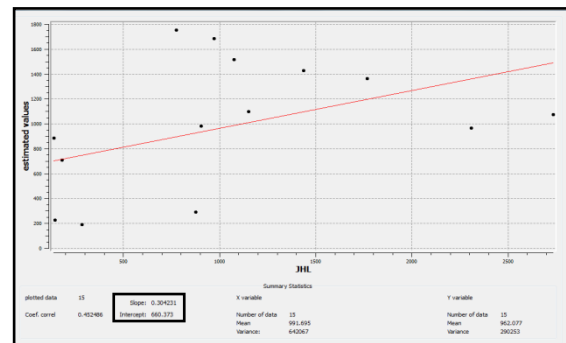
model semivariogram untuk mengetahui tingkat kepercayaan diuji dengan menggunakan parameter koefisien korelasi (*r*). Parameter koefisien korelasi untuk ketiga model dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Parameter *coeffisien correlation* hasil penaksiran data *composite* JHL

No.	Model semivariogram	Coef. correlation
1	<i>Spherical</i>	0.429
2	<i>Exponential</i>	0.452
3	<i>Gaussian</i>	0.361

Berdasarkan Tabel 5 terlihat bahwa model *exponential* memiliki tingkat kepercayaan yang lebih tinggi dibandingkan dua model lainnya, yaitu 0,452 (45,2%). Terlihat dari hasil estimasi dan kriging variansi model *exponential* menunjukkan pengaruh antar titik sampel sejauh dua blok atau 48 meter (Lampiran 1).

Akan tetapi, hasil validasi silang antara data *composite* dan estimasi JHL jika menggunakan model *exponential*, memperlihatkan data tersebar secara acak yang menyebabkan nilai hubungan antara data JHL menjadi kecil atau tingkat kepercayaannya rendah (lihat Gambar 5). Hal ini dipengaruhi karena penggunaan jumlah data yang sedikit (15 data sampel).



Gambar 5. Hasil *cross validation* data *composite* JHL menggunakan model semivariogram *exponential*

KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa model semivariogram *exponential* memiliki tingkat kepercayaan yang tinggi dibandingkan dua model semivariogram lainnya sebesar 45,2%. Selanjutnya hasil kriging variansi menunjukkan besarnya pengaruh dari tiap titik sampel sebesar 2 blok kesegala arah atau sejauh 48 meter.

Saran

1. Penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang akurat diharapkan titik sampel diperbanyak lebih dari 15 titik sampel (minimal 30 titik sampel). Penentuan titik sampelnya diusahakan grid (teratur) dengan spasi antar titik sampel di bawah 100 meter.
2. Perlu dilakukan pengolahan data dengan memperhitungkan jarak dan arah (semivariogram anisotropik).

UCAPAN TERIMA KASIH

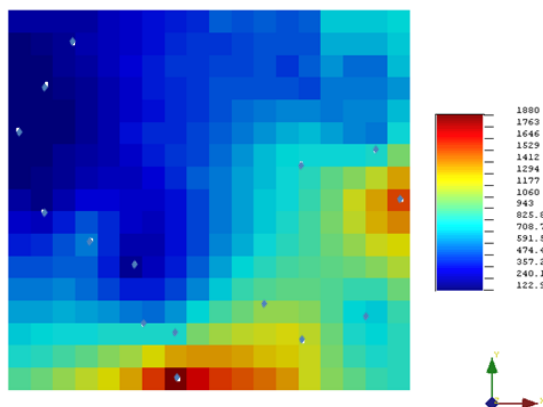
Terimakasih kepada Universitas Bangka Belitung dan Jurusan Teknik Sipil khususnya yang telah memberikan tempat dan data untuk melaksanakan penelitian serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penelitian ini.

REFERENSI

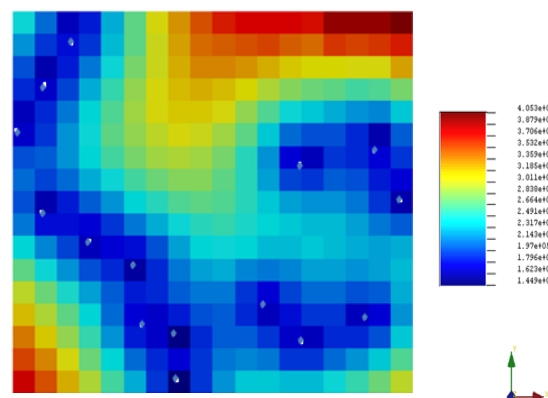
- Amstrong, M., 1998. *Basic Linear Geostatistics*. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Anonim., 2007. *Pekerjaan Soil Test Investigation Untuk Pembangunan Gedung Perkuliahan dan Auditorium*. Laboratorium Jurusan Teknik Sipil-Universitas Bangka Belitung.
- Anonim., 2008. *Cara uji penetrasi lapangan dengan alat sondir, SNI 2827-2008*. Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim., 2012. *Pekerjaan Soil Test Investigation Untuk Pembangunan Gedung Perkuliahan dan Auditorium*. Laboratorium Jurusan Teknik Sipil-Universitas Bangka Belitung.
- Awali, A. Abid., Yasin, H., & Rahmawati R., 2013. Estimasi Kandungan Hasil Tambang Menggunakan Ordinary Indicator Kriging. *Jurnal Gaussian*, 1(2).
- Guskarnali, Sagisollo, Y.T., Wibawa, R.R., 2015. Perbandingan Akurasi Metode IDW dan Ordinary Kriging (OK) terhadap sumberdaya Nikel Laterit-2D. *Prosiding Seminar Kebumihan X-FTM-UPN "Veteran" Yogyakarta*.
- Isaaks, Edward H., and Srivastava, R. Mohan., 1989. *Applied Geostatistics*, New York: Oxford University Press.
- Jarushi, Fauzi. and Alkaabiiim, S., Cosentino, Paul., 2015. A New Correlation between SPT and CPT for Various Soils. *International Journal of Enviromental, Ecological, Geological and Geophysical Engineering*.
- P. K. Kitanidis, 1997. *Introduction to Geostatistics: Applications to Hydrogeology*. New York: Cambridge University Press.
- Rao, N. S. V. Kameswara., 2011. *Foundation Design Theory and Practice*. John Wiley & Sons.
- Tarawneh, Bashar., 2014. Correlation of Standard and Cone Penetration Tests for Sandy and Silty Sand to Sandy Silt Soil. *EJGE*, 19.

LAMPIRAN 1. Hasil penaksiran data *composite JHL* dari parameter model semivariogram menggunakan metode *Ordinary Kriging (OK)*

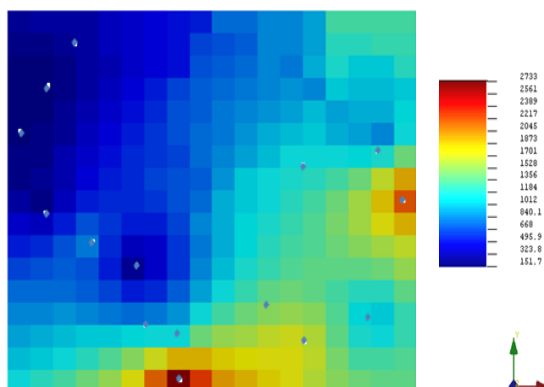
Hasil estimasi-Spherical



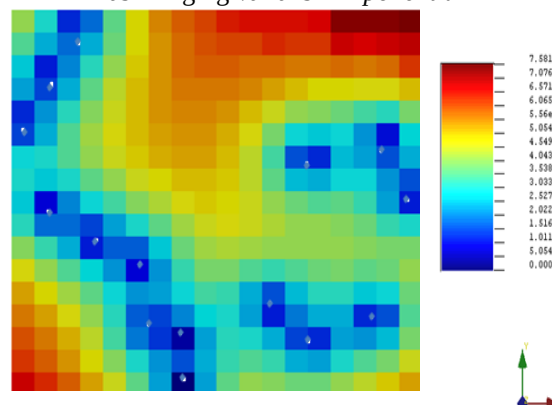
Hasil kriging variansi –Spherical



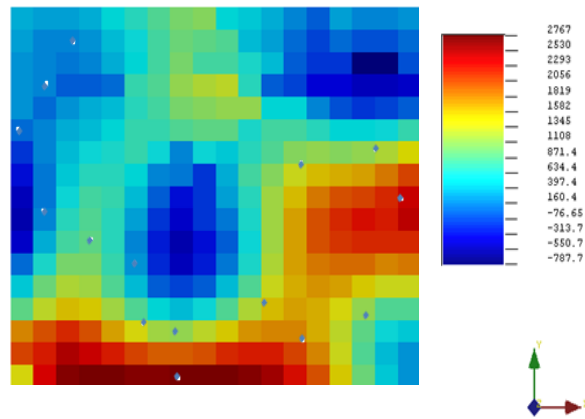
Hasil estimasi-Exponential



Hasil kriging variansi -Exponential



Hasil estimasi-Gaussian



Hasil kriging variansi-Gaussian

