

## Analisis Geostatistik dalam Menentukan Keseragaman Nilai Kepadatan Tanah Dasar

Ihwan Fauzi

Program Studi Magister Sistem Teknik Jalan Raya, Institut Teknologi Bandung  
 Jl. Ganesha no. 10 Bandung, 40132  
 E-mail: ihwan001@gmail.com

Eri Susanto Hariyadi

Program Studi Magister Sistem Teknik Jalan Raya, Institut Teknologi Bandung  
 Jl. Ganesha no. 10 Bandung, 40132  
 E-mail: erisdi@yahoo.com

### Abstrak

*Prediksi nilai kepadatan tanah dasar dalam pekerjaan jalan biasanya dilakukan dengan pendekatan non-spasial sampling. Metode prediksi spasial dengan pendekatan geostatistika yang diterapkan bertujuan untuk memprediksi dan memetakan nilai kepadatan. Metode yang digunakan adalah metode kriging berdasarkan model semivariogram. Hasil prediksi diuji melalui validasi dengan menggunakan data nilai kepadatan kering hasil pengukuran sandcone. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai kepadatan memiliki korelasi spasial dengan keragaman yang dipengaruhi jarak dan tipe sebaran, serta arah sebaran data kepadatan tanah dasar. Model semivariogram dipengaruhi oleh nilai range dan sill. Nilai range pada data lapangan zona 1 (mean  $\gamma_D = 1,1845 \text{ gr/cm}^3$ ) sebesar 135,667 meter sedangkan zona 2 (mean  $\gamma_D = 1,332 \text{ gr/cm}^3$ ) sebesar 319,80 meter. Sehingga dapat dikatakan bahwa besarnya nilai  $\gamma_D$  akan mempengaruhi jarak pengambilan sampel. Keseragaman hasil pemadatan pada bagian jalan dapat dievaluasi dengan menggunakan pendekatan geostatistik. Nilai mean dari data kepadatan dan nilai standar deviasi menentukan tingkat keseragaman hasil pemadatan tanah dasar. Standar deviasi 0,003 memberikan nilai RMS error sebesar 0,0025 sedangkan jika standar deviasi 0,005 nilai RMS error menjadi 0,005.*

**Kata-kata Kunci:** Kepadatan tanah dasar, variabilitas spasial, geostatistik, kriging.

### Abstract

*Prediction of the value of subgrade density in road works is usually done with a non-spatial sampling approach. The spatial prediction method with the applied geostatistical approach aims to predict and map density values. The method used is the kriging method based on the semivariogram model. Prediction results were tested through validation by using dry density value data from the measurement results of sandcone. The results of the analysis show that the density value has a spatial correlation with diversity influenced by distance and type of distribution, as well as the direction of distribution of subgrade density data. The semivariogram model is influenced by range and sill values. The range value in zone 1 field data (mean  $\gamma_D = 1,1845 \text{ gr/cm}^3$ ) is 135,667 meters while zona 2 (mean  $\gamma_D = 1,332 \text{ gr/cm}^3$ ) is 319,80 meters. So that it can be said that the magnitude of the value of  $\gamma_D$  will affect the sampling distance. Uniformity of the results of compaction on parts of the road can be evaluated using a geostatistical approach. The mean value of the density data and the standard deviation value determine the level of uniformity of subgrade compaction results. The standard deviation of 0,003 gives the value of the RMS error of 0,0025 while if the standard deviation of 0,005 the value of the RMS error becomes 0,005.*

**Keywords:** Subgrade density, spatial variability, geostatistic, kriging.

## 1. Pendahuluan

Kepadatan tanah dasar merupakan salah satu yang harus diperhatikan pada konstruksi jalan. Jarak pengukuran kepadatan *subgrade* menjadi bagian penting dalam melihat kondisi pekerjaan pemadatan tanah dasar namun jarak minimal pengambilan sampel kepadatan *subgrade* secara statistik belum spesifik ditetapkan di Indonesia. Penilaian kinerja pemadatan *subgrade* dilakukan berdasarkan pada jumlah sampel yang terbatas, oleh karena itu diperlukan teknik sampling yang representatif yang dapat diterapkan

secara umum (*generalizability*) (Wibisono, 2013). Nilai konservatif seperti nilai rata-rata biasa digunakan dalam menentukan nilai kepadatan tanah dasar (Budhi, 2008). Analisis ketidakseragaman spasial ini dilakukan dengan metode geostatistik untuk mendapatkan hasil seperti: rata-rata, standar deviasi, dan jarak korelasi secara spasial (Barnes, 1993). Sedangkan kita tahu bahwa dalam suatu area nilai kepadatan *subgrade* dipengaruhi oleh adanya ketidakseragaman spasial.

Perkembangan teknologi dalam mengevaluasi pekerjaan pemadatan telah dilakukan dalam berbagai penelitian. *Intelligent Compaction Measurement Value*

(ICMV) dan hubungannya dengan parameter-parameter *roller* harus dipertimbangkan selama analisis. Secara umum, metode geostatistik dapat berfungsi sebagai alat pendukung untuk mengevaluasi kualitas pemadatan dengan teknologi IC (Hu, Shu, Jia, & Huang, 2018). *Interpolation analysis* diperlukan karena data tidak mungkin diambil dari semua lokasi yang ada. Teknik interpolasi mengambil data di sebagian lokasi dan menghasilkan nilai estimasi untuk lokasi lainnya (Bekti, 2012). Metode geostatistik digunakan dalam menganalisis pengukuran RIMC (*Roller-Integrated Compaction Monitoring*) untuk mengkarakterisasi ketidakseragaman lapisan pondasi perkerasan yang telah dibangun dan potensinya untuk membantu meningkatkan proses QC (*Quality Control*) selama konstruksi (Kumar & Vennapusa, 2008). Penelitian mengenai perbandingan data pengukuran CCC (*Continuous Compaction Control*) pada lokasi yang spesifik dan hasil dari tes lapangan menggunakan analisis data spasial dan regresi statistik (Meehan, Cacciola, Tehrani, & Baker, 2017). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keseragaman nilai kepadatan tanah dasar hasil pekerjaan pemadatan.

## 2. Keseragaman Nilai Kepadatan Tanah Dasar

Keseragaman nilai kepadatan tanah dasar menjadi tujuan dari pekerjaan pemadatan tanah dasar. Analisis statistik *univariate* memberikan hasil informasi yang lebih signifikan dibanding dengan satu titik hasil pengujian pemadatan lapangan. Melalui pendekatan geostatistika dapat diidentifikasi kriteria daerah yang pemadatan yang diterima dan area prioritas untuk dilakukan pemadatan kembali (Vennapusa, White, & Morris, 2010). Nilai kepadatan tanah dasar menjadi indikator dalam mengevaluasi pekerjaan pemadatan tanah dasar. Pada penelitian ini akan dilakukan eksperimen bagaimana memodelkan sebaran nilai kepadatan tanah kering hasil pengukuran *sandcone*. Data artifisial digunakan untuk membuat simulasi nilai keseragaman dari sebaran nilai kepadatan yang dibuat dalam 3 kategori berdasarkan variansi nilai kepadatan, jarak dan tipe sebaran.

Pengambilan sampel nilai kepadatan tanah dasar dilakukan di lokasi Tol Cisumdawu KM 10+700 sampai dengan KM 12+000. Pengujian kepadatan dapat dilakukan dengan menggunakan alat konus pasir dimana kepadatan diukur dari suatu sampel tanah yang diambil dari lapisan tanah dengan penggalian yang selanjutnya lubang galian tersebut diisi kembali dengan pasir tertentu yang sudah diketahui berat isinya.

Sampel kepadatan tanah dasar diambil dengan jarak antar sampel 25 meter. Sesuai dengan posisi yang ada di peta. Jarak dan tipe sebaran ditentukan untuk melihat variasi dari beberapa cara pengambilan sampel. Variasi sampel nilai kepadatan dibagi menjadi 3 variasi dengan kriteria pada **Tabel 1**.

Sampel kepadatan tanah dasar diambil dengan jarak antar sampel 25 meter. Sesuai dengan

posisi yang ada di peta. Jarak dan tipe sebaran ditentukan untuk melihat variasi dari beberapa



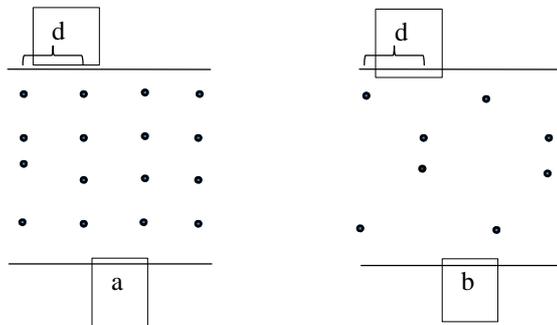
**Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel nilai kepadatan tanah dasar di Tol Cisumdawu KM 10+700 - KM 12+000**

cara pengambilan sampel. Variasi sampel nilai kepadatan dibagi menjadi 3 variasi dengan kriteria sebagai berikut:

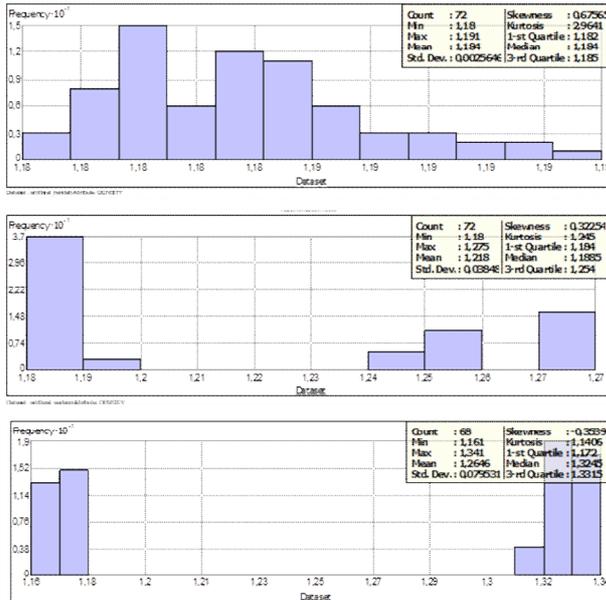
**Tabel 1. Tingkat variabilitas data artifisial**

No.	Tingkat Variabilitas	Rentang Nilai Kepadatan ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
1	Rendah	$x < 0,011$
2	Sedang	$0,011 < x < 0,086$
3	Tinggi	$0,086 < x < 0,161$

Penetapan nilai berdasarkan sebaran berdasarkan nilai random dengan batas minimal dan maksimal disesuaikan dengan hasil pengukuran *sandcone* di lapangan. Nilai random dibuat dengan sebaran normal. Selanjutnya nilai tersebut disebar pada jenis tipe sebaran yang berbeda berdasarkan sejajar dan zigzag.



**Gambar 2. Pola sebaran pengambilan sampel kepadatan tanah dasar**



Gambar 3. Data nilai kepadatan tanah dasar

Sebaran sejajar ditunjukkan pada Gambar 2a, dengan jarak yang diatur yaitu 25, 50, 75 dan 100 meter. Pola zigzag seperti Gambar 2b dimana jarak antar sampel dibuat seperti pola sejajar.

Nilai kepadatan tanah dasar berdasarkan tingkat variabilitasnya. Variabilitas rendah, sedang dan tinggi menunjukkan perbedaan nilai minimum dan maksimum yang semakin besar. Perbedaan yang signifikan terlihat dari grafik pada Gambar 3.

### 3. Geostatistik

Geostatistik berkembang awal tahun 1940 dalam bidang pertambangan dan perminyakan dalam mengestimasi keberadaan mineral tambang dan perminyakan. Seiring perkembangan jaman geostatistika banyak digunakan dalam analisis yang terkait dengan data yang dipengaruhi ketidakseragaman spasial. Salah satu penerapan geostatistik adalah membuat peta kontur nilai kandungan sulfat (Thomey, 2013). Dua distribusi data, dengan mean yang sama, standar deviasi, dan lain-lain bisa memiliki representasi spasial yang sangat berbeda sehingga analisis geostatistik menjadi alat yang berguna (Dondi, Sangiorgi, & Lantieri, 2014).

Geostatistik adalah bagian dari ilmu statistik yang khusus dalam analisis dan interpretasi data referensi geografis (Goovaerts, 1997; Webster dan Oliver, 2001; Nielsen dan Wendroth, 2003 dalam Hengl, 2007). Dengan kata lain, geostatistik terdiri dari teknik statistik yang disesuaikan dengan data spasial. Salah satu kegunaan utama dari geostatistik adalah memprediksi nilai dari variabel sampel atas seluruh bidang penelitian, yang disebut sebagai prediksi spasial atau spasial interpolasi. Prediksi dapat mengimplikasikan interpolasi dan ekstrapolasi, jadi istilah yang akan digunakan tersebut adalah prediksi spasial, meskipun istilah interpolasi spasial telah lebih diterima secara luas (Lam, 1983; Mitas dan Mitasova, 1999; Dubois dan Galmarini, 2004 dalam Hengl, 2007).

Semivariogram eksperimental dan parameter model ditentukan menggunakan analisis geostatistik. Umumnya keseragaman pemadatan meningkat (dengan nilai sill rendah dan nilai range paling besar). Hal ini diterapkan oleh (Qinwu Xu 2012) dalam penelitiannya dengan upaya pemadatan yang dapat disesuaikan pada lapisan atas telah meningkatkan keseragaman pemadatan (Xu et al., 2012). Model semivariogram lebih banyak digunakan daripada metode konvensional digunakan untuk mengevaluasi keseragaman pemadatan (Xu, Chang, & Gallivan, 2012).

Semivariogram,  $\gamma(h)$ , merupakan  $\frac{1}{2}$  beda kuadrat rata-rata antara sepasang nilai data.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{(i,j)|h_{ij}=h} (s_i - s_j)^2 \quad (1)$$

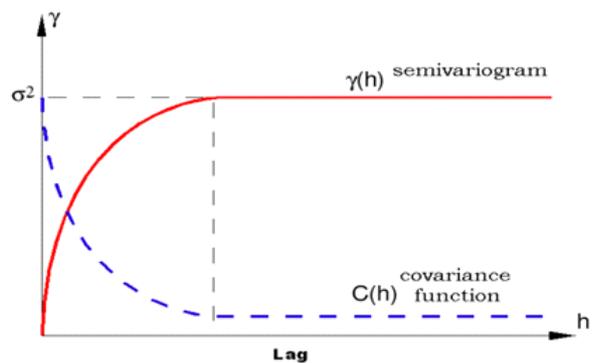
Nilai - nilai  $\rho(h)$ ,  $C(h)$ , dan  $\gamma(h)$  tak berpengaruh apabila koordinat  $i$  dan  $j$  ditukar arahnya pada persamaan sebelumnya. Sebagai contoh persamaan (2.26) akan menjadi:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{(j,i)|h_{ij}=h} (s_j - s_i)^2 \quad (2)$$

Dengan menjumlahkan semua pasangan nilai  $(i,j)$  yang dipisahkan oleh  $+h$ , diperoleh jumlah semua pasangan  $(i,j)$  yang dipisahkan oleh  $-h$  dan persamaan (2.8) menjadi:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{(i,j)|h_{ij}=-h} (s_j - s_i)^2 \quad (3)$$

Sisi sebelah kanan akan sama dengan  $(h)$ , sehingga diperoleh hasil bahwa  $\gamma(h) = \gamma(-h)$  (Isaaks and Srivastava, 1998).



Gambar 4. Plot fungsi kovariansi dengan semivariogram

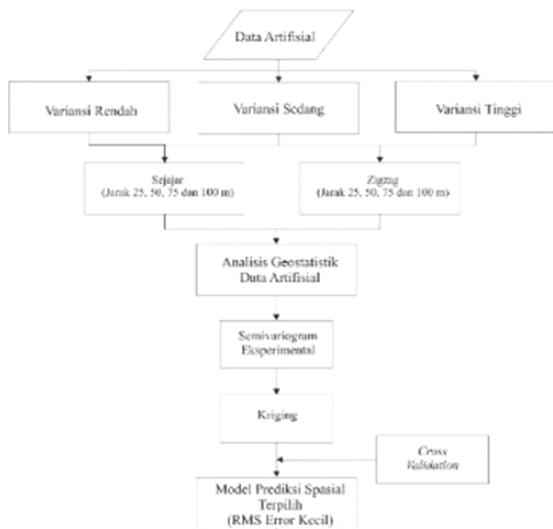
### 4. Metodologi

Penelitian ini berdasarkan data artifisial yang dibuat secara random dengan sebaran normal. Data artifisial dibuat 3 variasi yaitu rendah, sedang dan tinggi berdasarkan nilai variabilitas yang semakin tinggi pada nilai kepadatan tanah dasar hasil pengukuran sandcone. Pola sebaran yang dipilih yaitu sejajar dan zigzag dengan perbedaan jarak 25, 50, 75 dan 100 meter.

Proses selanjutnya adalah melakukan analisis geostatistik pada setiap pola sebaran. Metode yang digunakan adalah *semivariogram* eksperimental, menyesuaikan pada jenis model yang paling memberikan nilai yang sesuai dengan sebaran data. Proses kriging dilakukan untuk mendapatkan model prediksi sebaran metode yang digunakan adalah *ordinary kriging* pada perangkat lunak GIS (*Geographic Information System*). Proses *cross validation* dilakukan untuk mendapatkan model prediksi spasial dengan nilai *Root Mean Square* (RMS) paling kecil. Penelitian ini dapat menghasilkan analisis terhadap nilai kepadatan tanah dasar berdasarkan perbedaan jumlah sampel serta jarak dan tipe sebarannya.

5. Hasil Penelitian

Data artifisial sebagai data masukan untuk mendapatkan rekomendasi strategi pengolahan data lapangan dijelaskan pada Gambar 5.

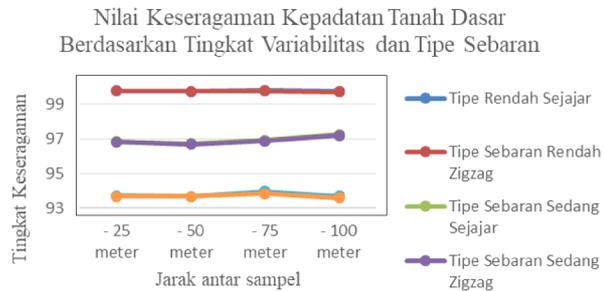


Gambar 5. Proses pengolahan data

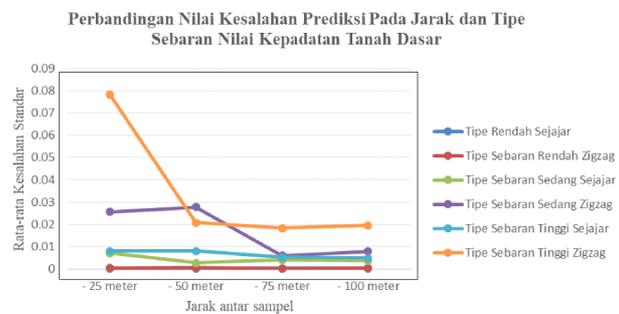
Nilai rata-rata kesalahan standar yang rendah didapat pada variasi sebaran data nilai kepadatan tanah dasar rendah. Nilai rata-rata kesalahan standar semakin meningkat jika variabilitas data bertambah. Begitu pula dengan tipe sebaran, dapat dilihat pada Gambar 6 menunjukkan bahwa tipe sejajar menghasilkan nilai rata-rata kesalahan standar yang kecil dibanding tipe zigzag. Terdapat nilai anomali pada tipe sebaran yang tinggi dengan pola zigzag, hal ini dipengaruhi oleh sebaran yang mempunyai tingkat variabilitas tinggi. Sehingga akurasi pada model prediksi nilai kepadatan tanah dasar dipengaruhi oleh variabilitas.

Nilai keseragaman kepadatan tanah berdasarkan tingkat variabilitas dan tipe sebarannya menunjukkan bahwa variabilitas rendah memberikan nilai keseragaman yang tinggi dibanding dengan variabilitas yang lebih tinggi. Perbedaan nilai minimum dan maksimum yang besar pada suatu sebaran data tingkat keseragaman yang rendah. Variansi yang rendah menghasilkan keseragaman di atas 99,7%, sedang

sebesar 96,9% dan tinggi antara 93,7%. Adapun pola sebaran sejajar memberikan hasil model dengan keseragaman yang tinggi dibanding pola sebaran zigzag. Hasil model prediksi data artifisial dijelaskan pada Gambar 7.



Gambar 6. Grafik nilai keseragaman kepadatan tanah dasar berdasarkan tingkat variabilitas dan tipe sebaran



Gambar 7. Grafik perbandingan nilai kesalahan prediksi pada jarak dan tipe sebaran nilai kepadatan tanah dasar

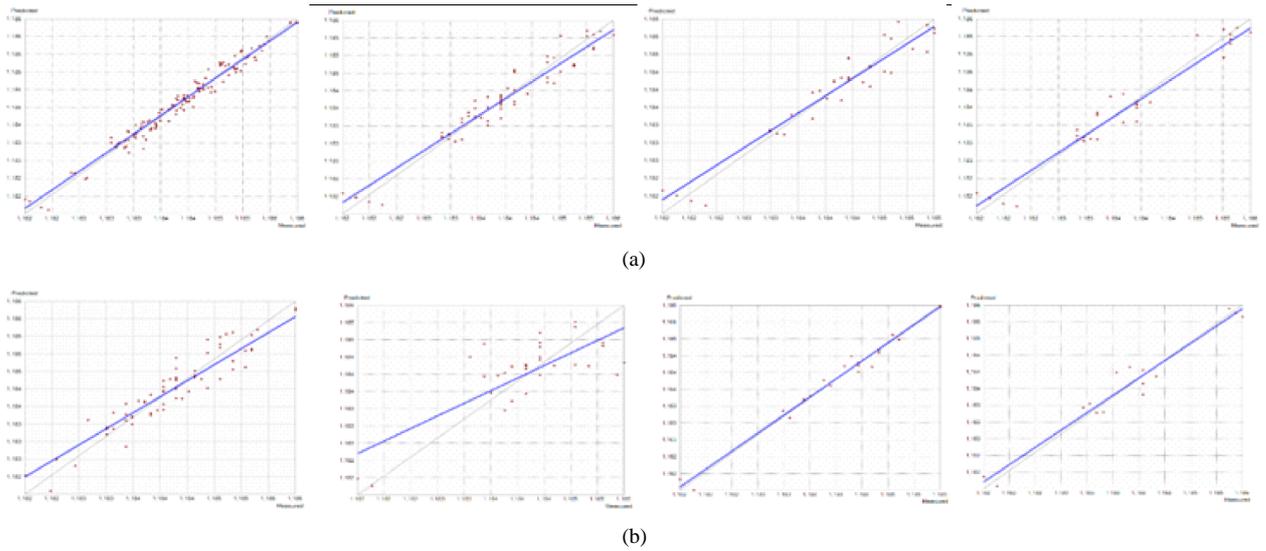
Perbandingan hasil *cross validation* pada variansi rendah menunjukkan bahwa semakin jarak antar sampel bertambah maka model prediksi memberikan kesesuaian antara hasil geostatistik dengan data Gambar 8.

*Cross validation* pada variansi sedang pada tipe zigzag dengan jarak 25 meter dan 50 meter tidak memberikan kesesuaian karena grafik tidak berimpit dengan garis kesesuaian antara nilai data ge dan nilai prediksi berdasarkan nilai hasil analisis geostatistik Gambar 9.

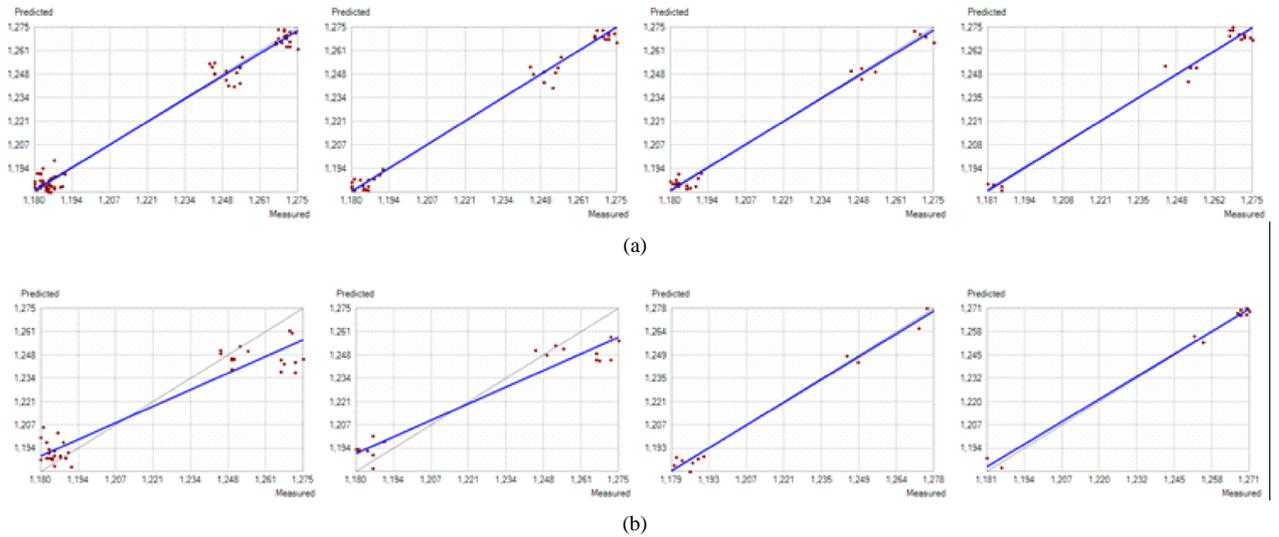
Terdapat anomali *cross validation* pada tipe sebaran variansi tinggi dengan pola zigzag pada jarak sampel 25 meter. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat variansi tinggi pada jarak sampel kecil akan mempengaruhi model prediksi Gambar 10.

Tabel 2. Hasil semivariogram pada data lapangan

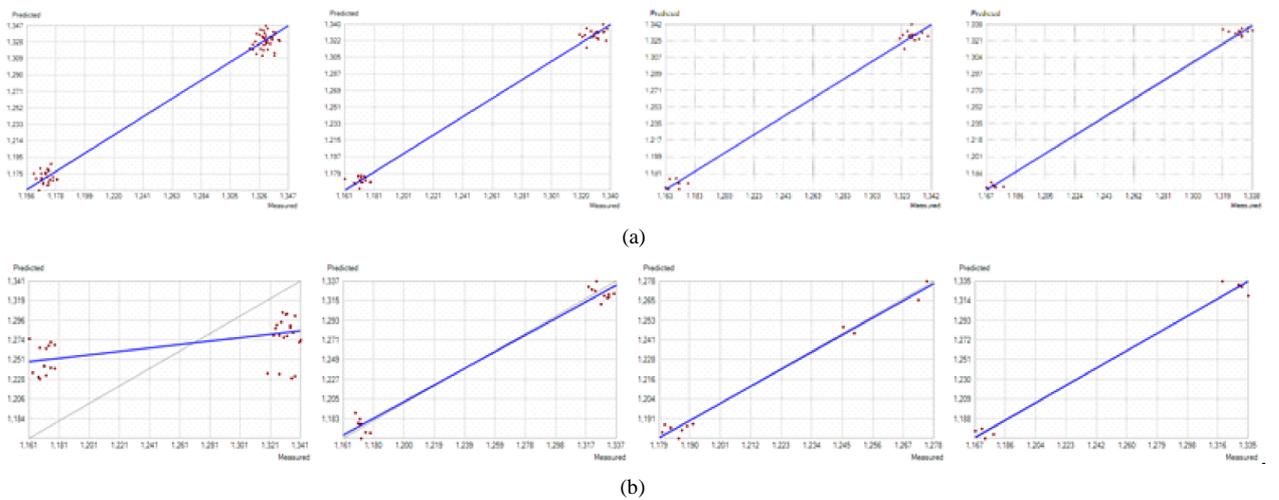
Semivariogram	Zona 1 (Variansi rendah)	Zona 2 (Variansi tinggi)
Range (meter)	135,667	319,8
Partial Sill	1,63E-02	9,72E-02
Nugget	5,26e-006	2.06E-01



Gambar 8. Perbandingan hasil *cross validation* pada variansi rendah (a) tipe sebaran sejajar; dan (b) tipe zigzag



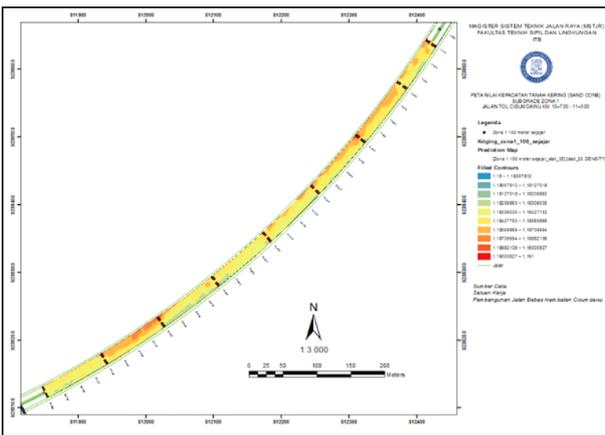
Gambar 9. Perbandingan hasil *cross validation* pada variansi sedang (a) tipe sejajar; dan (b) tipe zigzag



Gambar 10. Perbandingan hasil *cross validation* pada variansi tinggi (a) tipe sejajar; dan (b) tipe zigzag

Nilai *range* menunjukkan bahwa jarak maksimum antar sampel pada sebaran data zona 1 yang berkorelasi spasial adalah sebesar 135,6 meter sedangkan zona 2 sebesar 319,8 meter. Hal ini menunjukkan bahwa sebaran sampel untuk menganalisis keseragaman nilai kepadatan tanah dasar hasil pemadatan dapat dilakukan dengan jarak sampel minimum 135 meter dan maksimum 319,8 meter. Nilai *sill* dan *nugget* menunjukkan hubungan kesesuaian antara model *semivariogram* dengan sebaran nilai variansi antar sampel, semakin kecil nilainya semakin dapat memenuhi pemodelan geostatistik.

Peta model keseragaman pada zona 1 menunjukkan klasifikasi nilai keseragaman badan jalan hasil analisis geostatistik dengan jarak antar sampel 100 meter tipe sejajar. Pada KM 10+800 sampai dengan KM 10+900 ruas jalan sebelah kiri menunjukkan pemadatan yang tinggi sebesar 1,191 gr/cm<sup>3</sup>. Nilai kepadatan tanah dasar rendah berada di ruas jalan sebelah kanan di KM 10+900 sampai dengan 11+050 sebesar 1,181 gr/cm<sup>3</sup>. Melalui peta nilai keseragaman diharapkan dapat digunakan untuk mengevaluasi pekerjaan pemadatan tanah dasar.



Gambar 11. Peta model prediksi data lapangan zona 1 dengan tipe sebaran sejajar dan jarak spasi 100 meter

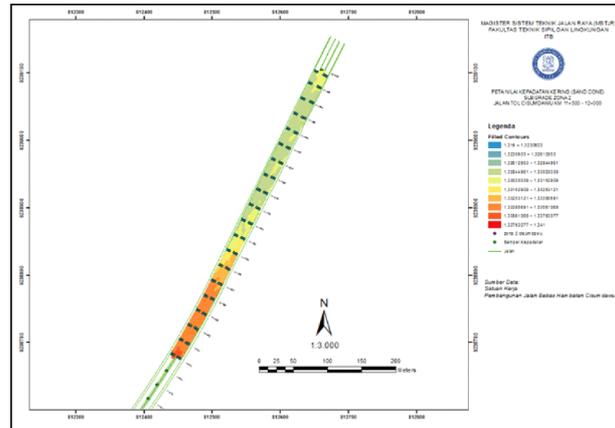
Gambar 12 merupakan peta nilai keseragaman tanah dasar hasil pemadatan terakhir pada sebaran nilai kepadatan tanah dasar dengan pengambilan sampel dengan jarak 25 meter tipe sejajar. Warna merah terang menunjukkan bahwa pekerjaan pemadatan di lokasi tersebut mengakibatkan nilai kepadatan yang tinggi berada di KM 11+525 sampai dengan KM 11+700 dengan nilai 1,34 gr/cm<sup>3</sup>, pada KM 11+700 sampai dengan 12+000 nilai kepadatan tanah menunjukkan 1,32 gr/cm<sup>3</sup>.

## 6. Analisis

Berikut adalah beberapa analisis yang dapat disampaikan:

1. Model *semivariogram* dipengaruhi oleh nilai *range* (jarak pasangan data terjauh yang masih bisa mempengaruhi nilai prediksi spasial) dan *sill* adalah nilai *semivariance* terbesar pada *range*. Nilai *range*

pada data lapangan nilai kepadatan kering zona 1 dengan spasi 25 meter sebesar 135.667 meter lebih kecil jika dibandingkan dengan zona 2 sebesar 319.80 meter. Sehingga dapat dikatakan bahwa besarnya nilai  $\gamma_D$  akan mempengaruhi jarak pengambilan sampel. Sehingga nilai kepadatan tanah kering yang semakin besar maka akan memberikan pengaruh pada jarak maksimal antar sampel.



Gambar 12. Peta model prediksi data lapangan zona 2 dengan tipe sebaran sejajar dan jarak spasi 25 meter

2. Nilai *range* pada data lapangan nilai kepadatan kering zona 1 dengan spasi 25 meter sebesar 135.667 meter jika dibanding dengan pengambilan sampel dengan spasi 100 meter maka nilai *range* mengalami penurunan yaitu sebesar 8,241 meter. Sehingga dapat dikatakan bahwa besarnya nilai  $\gamma_D$  akan mempengaruhi jarak pengambilan sampel. Sehingga nilai kepadatan tanah kering yang semakin besar maka akan memberikan pengaruh pada jarak maksimal antar sampel.
3. Pada spasi yang sama dengan nilai rata-rata  $\gamma_D$  berbeda maka nilai *sill* akan cenderung membesar, dapat terlihat bahwa *sill* pada zona 1 (1,6324e-006) lebih kecil dibanding nilai *sill* pada zona 2 (9,7225e-006). Hal ini menunjukkan bahwa nilai  $\gamma_D$  mempengaruhi nilai *semivariance*. Nilai  $\gamma_D$  semakin besar maka nilai *semivariance* akan semakin besar.
4. RMS pada zona 1 (0.0025) < zona 2 (0.005) menunjukkan bahwa ketelitian model prediksi zona 1 lebih baik dibanding dengan model prediksi zona 2. Jika melihat standar deviasi dari sebaran data terlihat bahwa zona 1 (0.003) > zona 2 (0.005). Sehingga standar deviasi dari sebaran data mempengaruhi nilai ketelitian dari model prediksi spasial menggunakan analisis geostatistik.
5. Nilai *RMS standardized* pada zona 1 dengan spasi antar sampel 25 meter memberikan nilai 0,995243 lebih mendekati angka 1 besar dibandingkan dengan zona 1 dengan spasi 100 meter yaitu sebesar 0,971513. Penurunan nilai *RMS standardized* terjadi ketika kerapatan sebaran sampel diubah menjadi lebih besar. Sehingga jarak antar sampel

mempengaruhi kesesuaian model prediksi nilai kepadatan tanah kering.

6. Zona 1 dan zona 2 memiliki karakteristik tanah yang berbeda pada nilai kepadatan tanah keringnya. Model prediksi keduanya dipengaruhi besarnya nilai kepadatan kering masing-masing. Semakin besar nilai kepadatan kering maka pengaruh spasial akan semakin besar, sehingga pengambilan sampel untuk nilai kepadatan tanah kering rata-rata yang besar memungkinkan untuk memilih jarak spasi antar sampel yang lebih besar.

## 7. Kesimpulan

1. Model semivariogram pada geostatistik dipengaruhi oleh nilai range (jarak pasangan data terjauh yang masih bisa mempengaruhi nilai prediksi spasial) dan sill adalah nilai semivariance terbesar pada range. Nilai range pada data lapangan nilai kepadatan kering zona 1 dengan spasi 25 meter sebesar 135,667 meter lebih kecil jika dibandingkan dengan zona 2 sebesar 319,80 meter. Sehingga dapat dikatakan bahwa besarnya nilai  $\gamma_D$  akan mempengaruhi jarak pengambilan sampel.
2. Pendekatan geostatistik memberikan kemudahan untuk memodelkan nilai kepadatan tanah dasar, jarak dan tipe sebaran berpengaruh terhadap nilai ketelitian dan kesesuaian model prediksi.
3. Pemilihan metode semivariogram akan memberikan model prediksi yang baik dengan kriteria nilai mean error yang paling kecil mendekati 0; nilai mean error dan average standard error yang hampir sama; dan nilai RMS standardized mendekati angka 1.
4. Faktor-faktor yang mempengaruhi model prediksi spasial menggunakan metode geostatistik pada sebaran nilai kepadatan tanah kering adalah:
  - a. Nilai kepadatan tanah kering semakin besar maka nilai range semakin besar.
  - b. Standar deviasi yang semakin kecil memberikan akurasi model prediksi yang tinggi.
  - c. Spasi jarak dan tipe sebaran antar sampel semakin rapat maka akan range semakin besar, sehingga memberikan model prediksi yang lebih akurat.

## Daftar Pustaka

- Barnes, R. J. (1993). *N11 Geostatistics for Subgrade*. Minnesota.
- Bekti, R. D. (2012). Prediksi dan Interpolasi Melalui Ordinary Kriging: Studi Kasus Kemiskinan di Provinsi Jawa Timur. *Mat Stat*, 12(2), 123-132.
- Budhi, S. (2008). Aplikasi statistika dalam menentukan nilai karakteristik tanah: sebuah studi pustaka. *Indonesian Journal on Geoscience*, 3(2), 89-93. Retrieved from <http://ijog.bgl.esdm.go.id>
- Dondi, G., Sangiorgi, C., & Lantieri, C. (2014). Applying Geostatistics to Continuous Compaction Control of Construction and Demolition Materials for Road Embankments. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 140(Ccc), 2–5. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0001044](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0001044).
- Hengl, T. (2007). *A Practical Guide to Geostatistical Mapping of Environmental Variables*. Luxembourg: JRC European Commission.
- Hu, W., Shu, X., Jia, X., & Huang, B. (2018). Automation in Construction Geostatistical analysis of intelligent compaction measurements for asphalt pavement compaction. *Automation in Construction*, 89 (April 2017), 162–169. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.01.012>
- Kumar, P., & Vennapusa, R. (2008). Investigation of roller-integrated compaction monitoring and in-situ testing technologies for characterization of pavement foundation layers.
- Meehan, C. L., Cacciola, D. V., Tehrani, F. S., & Baker, W. J. (2017). Assessing soil compaction using continuous compaction control and location-specific in situ tests. *Automation in Construction*, 73, 31–44. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.08.01>
- Thomey, J. D. (2013). *Quantification and Geostatistical Mapping of Soluble Sulfates in Soils along A Pipe Line Alignment*. The University of Texas at Arlington.
- Wibisono, D. (2013). *Panduan Penyusunan Skripsi, Tesis, dan Disertasi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Vennapusa, P. K. R., White, D. J., & Morris, M. D. (2010). Geostatistical Analysis for Spatially Referenced Roller-Integrated Compaction Measurements. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 136(6), 813–822. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0000285](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0000285)
- Xu, Q., Chang, G. K., & Gallivan, V. L. (2012). Development of a systematic

