Epsilon: Jurnal Matematika Murni dan Terapan
http://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/epsilon
p-ISSN: 1978-4422 | e-ISSN 2656-7660
Vol.19 No.1 (Juni 2025) Hal. 1-10

PEMODELAN SEMIVARIOGRAM DAN PREDIKSI KELEMBABAN TANAH MENGGUNAKAN METODE KRIGING DI KABUPATEN BUTON TENGAH

Salim, Halidin, Arbain, Ansar

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Indonesia.
Jl. Pantai Mutiara, Kampus B Buton Tengah USN Kolaka
email: *salim@usn.ac.id*

ABSTRACT

Soil moisture is an important element for the agricultural or plantation hydrological cycle. Soil moisture has different variations for each location or observation area. This variation can show a certain pattern or spatial dependence between observations. The tool for measuring this spatial dependence is a semivariogram. The semivariogram is needed to build a model that can interpolate or predict variables at locations around unknown observations. The method of interpolating or predicting variables at this location is called the kriging method. Several kriging methods that are often used based on the average assumption are: Simple Kriging, Ordinary Kriging and Universal Kriging. Simple Kriging assumes that the mean is constant and known, Ordinary Kriging assumes that the mean is constant and unknown, while Universal Kriging assumes that the mean is not constant and changes according to location. In this case, semivariogram modeling and the kriging method will be applied to predict soil moisture in Central Buton Regency. that is the Exponential Semivariogram model good enough to describe the spatial configuration of potential earthquake strength in the Banda Sea using the Ordinary Kriging method. The research results show that matching the semivariogram model for the three models, including the Spherical, Exponential and Gaussian models, shows different accuracy in describing spatial patterns of soil moisture in Central Buton Regency. The three models have the same sill of 0.6783, indicating the maximum level of variation between observation locations is reached after a certain distance.

Keywords: Kriging; Soil Moisture, Spatial, Semivariogram

ABSTRAK

Kelembapan tanah merupakan unsur penting untuk siklus hirologi pertanian atau perkebunan. Kelembapan tanah memiliki variasi berbeda-beda untuk setiap lokasi atau daerah pengamatan. Variasi ini dapat menunjukkan suatu pola maupun ketergantungan spasial tertentu antar pengamatan. Alat untuk mengukur ketergantungan spasial ini adalah semivariogram. Semivariogram tersebut diperlukan dalam membangun model yang dapat menginterpolasi atau memprediksi variabel di lokasi sekitar pengamatan yang belum diketahui. Metode interpolasi atau prediksi variabel pada lokasi tersebut dinamakan metode kriging. Beberapa metode kriging yang sering digunakan berdasarkan asumsi rataan yaitu: *Simple Kriging*, *Ordinary Kriging* dan *Universal Kriging*. *Simple Kriging* mengasumsikan bahwa rataan konstan dan diketahui, *Ordinary Kriging* mengasumsikan rataan konstan dan tidak diketahui, sedangkan *Universal Kriging* mengasumsikan rataan tidak konstan dan berubah sesuai lokasi. Dalam kasus ini, akan diterapkan pemodelan semivariogram dan metode kriging untuk memprediksi kelembapan tanah di Kabupaten Buton Tengah. Tujuannya adalah untuk memperoleh gambaran spasial tentang kelembapan tanah dalam kawasan terregional yang dimanfaatkan untuk pertanian, pemodelan variogram yang sesuai dan prediksi kelembapan tanah menggunakan metode kriging yang ada di Kabupaten Buton Tengah. Hasil Penelitian

menunjukan bahwa pencocokan model semivariogram ketiga model baik model Spherikal, Eksponensial, maupun model Gauss menunjukkan keakuratan yang berbeda dalam menggambarkan pola spasial kelembapan tanah di Kabupaten Buton Tengah. Ketiga model tersebut memiliki sill yang sama sebesar 0.6783, menandakan tingkat variasi maksimum antar lokasi pengamatan yang tercapai setelah jarak tertentu.

Kata kunci: Kelembapan Tanah; Kriging; Spasial; Semivariogram

Received: 24 November 2024, Accepted: 10 Januari 2025, Published: 30 April 2025

PENDAHULUAN

Kelembapan tanah adalah sejumlah air yang terkandung dalam tanah. Kelembapan tanah merupakan unsur penting untuk siklus hidrologi, ekologi dan pusat interaksi antara tanah dan iklim (Muzaki & Marcos, 2022). Kelembapan tanah mempunyai sifat dinamis disebabkan adanya penguapan tanah dan daya serap tanah. Perubahan ini akan mempengaruhi pada tingkat kesuburan tanah. Kelembapan tanah memiliki variasi berbeda-beda untuk setiap lokasi atau daerah. Variasi ini dapat menunjukkan suatu pola tertentu seperti musiman atau kecenderungan baik kecenderungan naik maupun turun. Para peneliti seringkali menyederhanakan keterkaitan tersebut dalam suatu model sehingga memuat informasi yang berguna.

Tujuan pemodelan adalah untuk mengetahui ketergantungan spasial antar pengamatan. Pada umumnya ketergantungan spasial dianalisis dengan menggunakan semivariogram yaitu alat dasar geostatistik yang digunakan untuk mengukur ketergantungan spasial analisis spasial memiliki atribut lokasi dan hasil pengamatan atau observasi. Ada beberapa model semivariogram, di antaranya: model spherikal, eksponensial, gauss, fungsi pangkat, dan efek lubang. Model semivariogram spherical dan eksponensial diterapkan pada dinamika tata guna lahan di pinggiran kota Metropolitan Jakarta (Pririzki dkk., 2022), Model semivariogram gauss diterapkan pada tingkat penurunan tanah di Lagos, Nigeria (Emmanuel dkk., 2020). Model semivariogram tersebut diperlukan dalam membangun model yang dapat menginterpolasi atau memprediksi variabel di lokasi sekitar observasi yang belum diketahui. Metode interpolasi atau prediksi variabel pada lokasi tersebut dinamakan metode kriging (Yendra & Risman, 2019).

Beberapa metode kriging yang sering digunakan berdasarkan asumsi rataan yaitu: *Simple Kriging*, *Ordinary Kriging* dan *Universal Kriging*. *Simple Kriging* mengasumsikan bahwa rataan konstan dan diketahui, *Ordinary Kriging* mengasumsikan rataan konstan dan tidak diketahui, sedangkan *Universal Kriging* mengasumsikan rataan tidak konstan dan berubah sesuai lokasi (Sofieyanti & Sirodj, 2024). Metode kriging tersebut dapat digunakan untuk interpolasi atau prediksi kandungan sumber daya, risiko yang terjadi di suatu lokasi yang belum terobservasi sehingga cadangan pengganti sumber daya atau kemungkinan risiko tersebut untuk waktu yang datang dapat dipersiapkan (Salim & Mukhaiyar, 2019).

Berdasarkan beberapa pendapat penelitian terdahulu, maka penelitian ini di anggap perlu di lakukan mengingat di lokasi penelitian saat ini masih merupakan daerah baru dan merupakan daerah pertanian dan perlu di lakukan gambaran spasial titik-titik kelembapan tanah dengan menggunakan metode kriging, sehingga para petani di kabupaten Buton Tengah dapat mengetahui di mana lokasi tanah yang cocok untuk di jadikan lokasi pertanian. Di harapkan masalah tersebut akan di selesaikan dengan pemodelan spasial dan prediksi melalui metode kriging terhadap kelembapan tanah pada beberapa lokasi atau kawasan di Kabupaten Buton Tengah. Selain itu, analisis juga akan memberikan gambaran spasial tentang kelembaban tanah yang ada di daerah tersebut. Tujuannya adalah untuk memperoleh gambaran spasial tentang kelembapan tanah dalam kawasan terregional yang dimanfaatkan untuk pertanian, pemodelan variogram yang sesuai dan prediksi kelembapan tanah menggunakan metode kriging yang ada di Kabupaten Buton Tengah. Setiap metode memiliki kelebihan masing – masing, tetapi untuk daerah Kabupaten Buton Tengah yang kerapatan titik sampelnya tidak tinggi dengan kondisi cenderung homogen, maka penggunaan metode kriging lebih efektif karena dalam metode tersebut terdapat variabel lain sebagai parameter kedekatan titik, selain itu, metode ini dapat menaksir/memprediksi kelembapan tanah yang tidak tersampel.

METODE PENELITIAN

Metode yang di gunakan untuk untuk memperoleh gambaran spasial tentang kelembaban tanah dalam kawasan terregional yang dimanfaatkan untuk pertanian di kabupaten Buton Tengah adalah dengan menggunakan metode semivariogram dan metode kriging. semivariogram digunakan untuk menggambarkan dan menjelaskan korelasi spasial antar pengamatan, sedangkan kriging bertujuan untuk mencari bobot setiap pengamatan yang akan digunakan mengestimasi atau memprediksi suatu lokasi yang tidak tersampel melalui sekumpulan pengamatan disekitarnya (Amatullah dkk., 2023). Berikut di jelaskan ke dua metode tersebut.

Semivariogram

Semivariogram dapat ditaksir dengan menggunakan semivariogram eksperimental atau disebut juga dengan semivariogram empirik, yaitu instrumen yang digunakan untuk memperkirakan variabilitas spasial dari fenomena yang dipelajari (Sofieyanti & Sirodj, 2024). Semivariogram eksperimental dengan asumsi stasioner intrinsik didefinisikan sebagai (Kuswanda dkk., 2024):

$$\hat{\gamma}(\boldsymbol{h}) = \frac{1}{2m(\boldsymbol{h})}\sum_{i=1}^{m(\boldsymbol{h})}\{K(\boldsymbol{s_i}) - K(\boldsymbol{s_i}+\boldsymbol{h})\}^2 \quad (1)$$

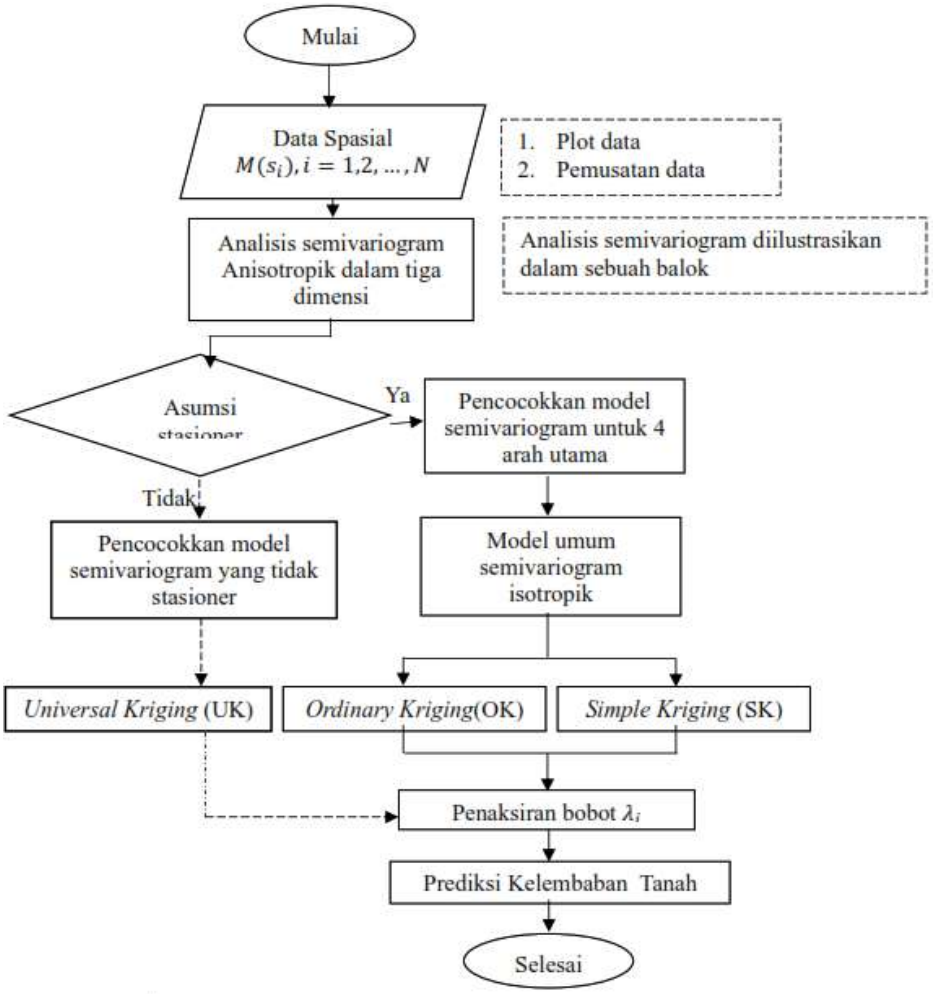
sedangkan semivariogram eksperimental yang tidak stasioner didefinisikan sebagai berikut:

$$\hat{\gamma}(\boldsymbol{h}) = \frac{1}{2m(\boldsymbol{h})}\sum_{i=1}^{m(\boldsymbol{h})}[K(\mathbf{s_i}+\boldsymbol{h}) - k(\mathbf{s_i}+\boldsymbol{h}) - K(\mathbf{s_i}) + k(\mathbf{s_i})]^2 \quad (2)$$

dengan $\hat{\gamma}(\boldsymbol{h})$: semivariogram eksperimental pada lag $\boldsymbol{h}$, $K(\boldsymbol{s_i})$ dan $K(\boldsymbol{s_i}+\boldsymbol{h})$: nilai pengamatan pada lokasi $\boldsymbol{s_i}$ dan $m(\boldsymbol{s_i}+\boldsymbol{h})$, $m(\boldsymbol{h})$: banyaknya pasangan pengamatan pada lag $\boldsymbol{h}$ [4].

Kriging

Kriging merupakan metode geostatistik yang digunakan untuk memprediksi nilai pada satu titik (atau blok) atau lebih yang tidak teramati dari kumpulan data yang diamati baik berupa titik maupun blok) (Amatullah dkk., 2023). Prediksi titik atau blok berada dalam satu daerah atau domain dengan pengamatan-pengamatan yang ada. Dengan demikian, dukungan prediktor dapat berupa titik atau blok. Kriging juga dapat dikatakan sebagai interpolasi spasial untuk memperkirakan nilai data yang tidak diketahui. Kriging memberikan prediksi yang tidak bias dengan varians minimum. Metode ini menerapkan pencocokan model semivariogram yang sesuai dengan semivariogram eksperimental (Hendarwati dkk., 2023). Langkah-langkah analisis data dijelaskan pada diagram alir berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

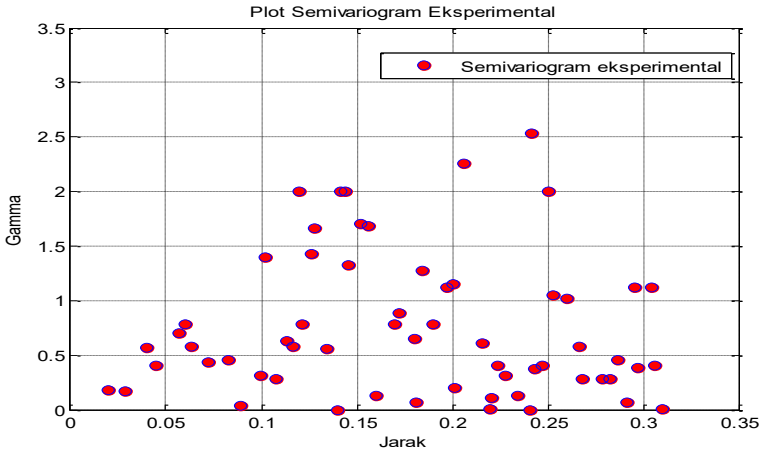
Berdasarkan Gambar 1 pada diagram alir penelitian di atas dapat di jelaskan bahwa pertama melakukan persiapan data spasial kelembapan tanah di Kabupaten

Buton Tengah pada Tahun 2024, membuat statistik deskriptif untuk memperoleh informasi mengenai nilai-nilai pemusatan seperti rata-rata, variansi, standar deviasi, nilai maksimal dan nilai minimum, melakukan uji asumsi stasioneritas data kelembapan tanah. Jika tidak stasioner maka di lakukan pencocokan model yang tidak stasioner, dan jika stasioner maka di lakukan pencocokkan semivariogram teoritis berdasarkan hasil semivariogram eksperimental. Lalu membentuk rumus model teoritis seperti *Ordinary Kriging* dan *Simple Kriging*, melakukan penaksiran bobot, melakukan estimasi pada lokasi tidak tersampel dengan *Ordinary Kriging* dan *Simple Kriging* berdasarkan model semivariogram teoritis terbaik yang diperoleh melalui perhitungan bobot.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Semivariogram Eksperimental

Semivariogram eksperimental digunakan untuk menggambarkan hubungan spasial antara lokasi pengukuran kelembaban tanah berdasarkan jarak antar lokasi tersebut. Pada tahap ini, nilai semivariogram dihitung untuk berbagai jarak yang menunjukkan seberapa besar variabilitas kelembaban tanah berubah ketika jarak antar lokasi bertambah. Berikut adalah grafik semivariogram eksperimental



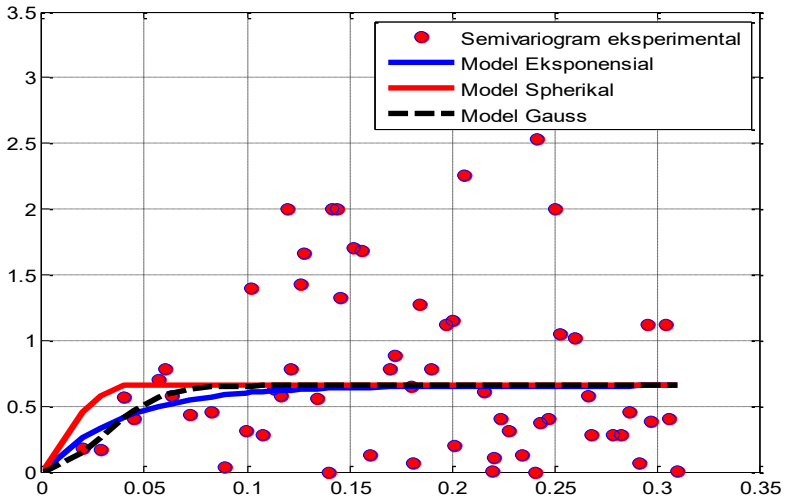
Gambar 2. grafik semivariogram eksperimental

Pada Gambar 2 di atas bahwa Plot semivariogram eksperimental dengan jarak lokasi maksimum sebesar 0.310484 dejarat bujur atau 34.562768 km.

Pencocokkan Model Semivariogram

Model semivariogram merupakan model matematis yang digunakan untuk menggambarkan hubungan spasial atau tingkat keterkaitan antar lokasi pengamatan berdasarkan jarak. Berdasarkan semivariogram eksperimental yang diperoleh dicocokkan dengan beberapa model semivariogram teoritis, seperti model Spherikal, Eksponensial, dan Gauss. Ketiga model tersebut dipilih model yang paling sesuai untuk menggambarkan distribusi spasial kelembaban tanah di

Kabupaten Buton Tengah. Setiap model memberikan karakteristik berbeda dalam menangkap pola spasial. Pencocokkan model semivariogram dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Plot pencocokkan model semivariogram

Berdasarkan Gambar 3 di atas bahwa model Spherikal dengan $sill\ (C) = 0.6783$ dan $range\ (a) = 0.08$, model Eksponensial dengan $sill\ (C) = 0.6783$ dan $range\ (a) = 0.03$ dan model Gauss dengan $sill\ (C) = 0.6783$ dan $range\ (a) = 0.04$. Pencocokan model semivariogram ketiga model baik model Spherikal, Eksponensial, maupun model Gauss menunjukkan keakuratan yang berbeda dalam menggambarkan pola spasial kelembaban tanah di Kabupaten Buton Tengah. Ketiga model tersebut memiliki *sill* yang sama sebesar 0.6783, menandakan tingkat variasi maksimum antar lokasi pengamatan yang tercapai setelah jarak tertentu. Hasil pencocokan model semivariogram diperoleh tiga persamaan sebagai berikut:

a. Model Spherikal

$$\gamma(|h|) = \begin{cases} 0{,}6783.\left(\frac{3}{2}.\frac{|h|}{0{,}08} - \frac{1}{2}\left(\frac{|h|}{0.03}\right)^3\right) & ; \quad |h| \le 0{,}08 \\ C & ; \quad |h| > 0{,}08 \end{cases} \tag{3}$$

b. Model Eksponensial

$$\gamma(|h|) = 0{,}6783.\left(1 - \exp\left(-\frac{|h|}{0.03}\right)\right) \tag{4}$$

c. Model Gauss

$$\gamma(|h|) = 0{,}6783.\left(1 - \exp\left(-\left(\frac{|h|}{0.04}\right)^2\right)\right) \tag{5}$$

Pemilihan mode semivarogram berdasarkan nilai Mean Square Error (MSE) yang terendah, yang mencerminkan seberapa jauh model tersebut mampu menggambarkan keterkaitan spasial. Berdasarkan analisis MSE, model Spherikal

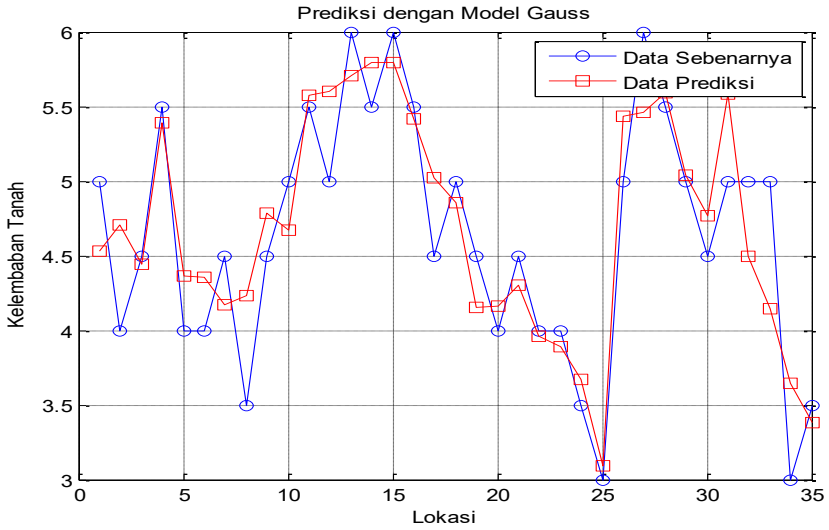
dengan range sebesar 0.08 diperoleh MSE sebesar 0.5811, menunjukkan bahwa model ini mampu menangkap pola spasial hingga jarak lebih tetapi memiliki tingkat kesalahan sedikit lebih tinggi dibandingan salah satu model lainnya. Model Eksponensial dengan range sebesar 0.03 memiliki MSE sebesar 0.5827, menunjukkan bahwa model ini lebih sentitif variasi pada jarak pendek meskipun dengan sedikit peningkatan kesalahan. Sementara itu, Model Gauss dengan range sebesar 0.04 memiliki MSE sebesar 0.5807 yang menunjukkan bahwa mode ini memberikan hasil prediksi lebih akurat dari ketiganya. Dengan demikian, model Gauss dipilih sebagai model yang lebih sesuai dalam menggambarkan distribusi spasial kelembaban tanah karena memberikan kesalahan prediksi yang lebih rendah. Model prediksinya dapat dilihat pada gambar berikut.

Analisis Kriging Data Kelembaban Tanah

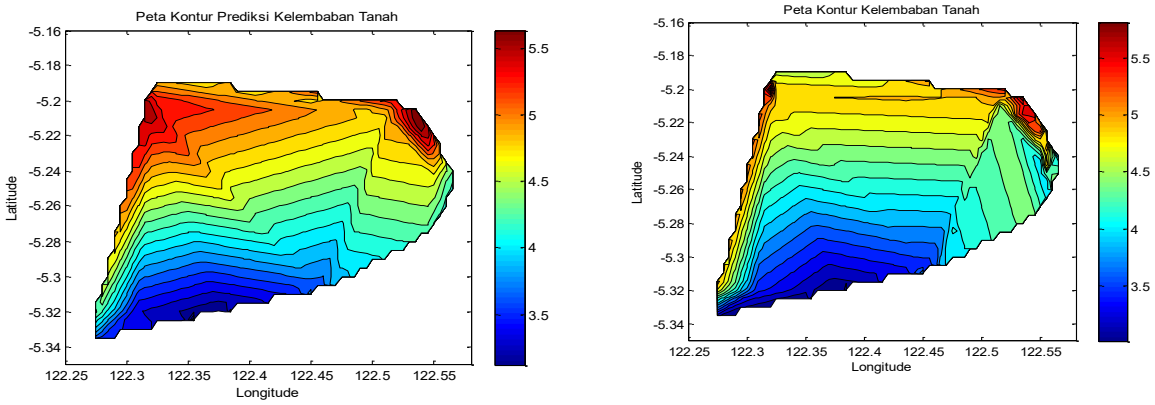
Analisis *Kriging* yang digunakan dengan asumsi rataan konstan adalah metode *Simple Kriging* dan *Ordinary Kriging*. Tujuannya adalah untuk meprediksi atau menginterpolasi setiap lokasi yang tidak tersampel melalui hasil pengamatan disekitarnya. model semivariogram yang digunakan untuk analisis kriging adalah model Gauss.

a. *Simple Kriging* (SK)

Analisis *Simple Kriging* digunakan dengan asumsi rataan konstan dan diketahui. Data kelembapan tanah untuk 35 lokasi yang akan digunakan dalam analisis *Simple Kriging* (SK) dengan asumsi rataan dan diketahui sebesar 4.6428. hasilnya ditunjukkan pada grafik berikut.



(a)



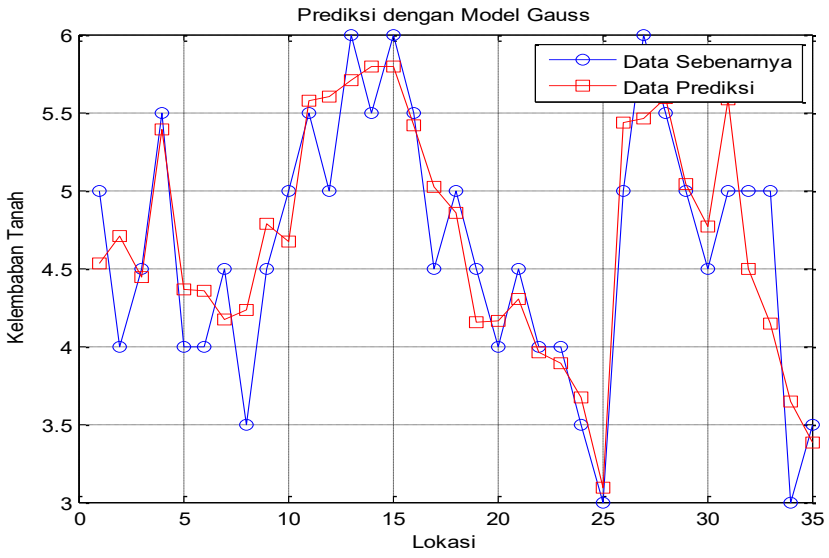
(b) (c)

Gambar 4. Hasil Analisis *Simple Kriging*

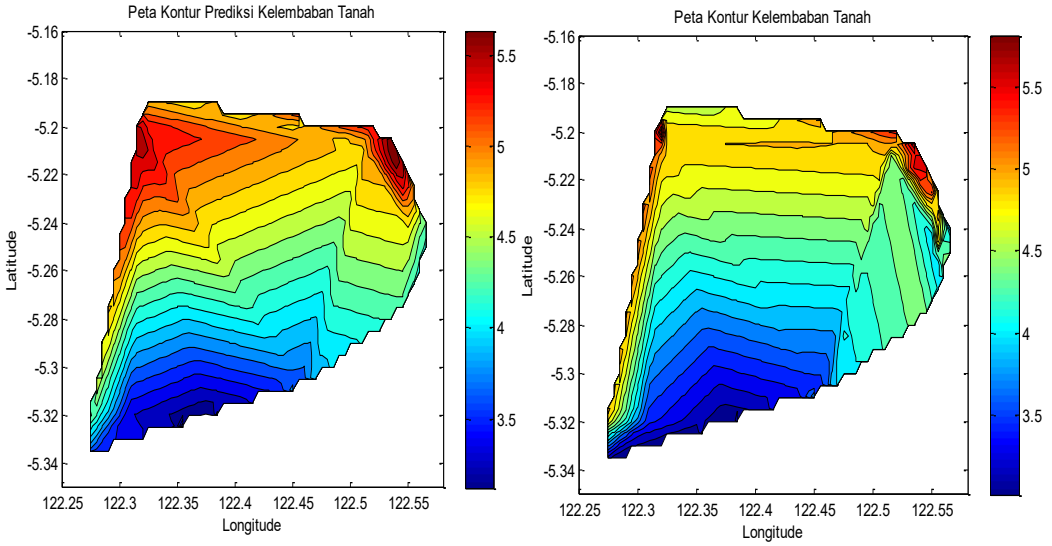
Berdasarkan Gambar 4 di atas bahwa pada Gambar 4 (a) prediksi dengan metode SK berdasarkan model Gauss dengan $sill\ (C) = 0.6783$, $range\ (a) = 0.04$, dan MSE = 0.1534; Sedangkan pada Gambar 4 (b) merupakan peta kontur hasil prediksi; dan Gambar 4 (c) merupakan data sebenarnya kelembaban tanah di Kabupaten Buton Tengah.

b. *Ordinary Kriging* (OK)

Analisis *Ordinary Kriging* digunakan dengan asumsi rataan konstan dan tidak diketahui. Data kelembaban tanah untuk 35 lokasi yang akan digunakan dalam analisis *Ordinary Kriging* (SK) dengan model semivarogram Gauss. Hasil prediksi kelembaban tanah tersebut dapat dilihat pada grafik berikut.



(a)



(b) (c)

Gambar 5. Hasil *Ordinary Kriging*

Berdasarkan pada Gambar 5 di atas bahwa pada Gambar 5 (a) Grafik prediksi dengan metode SK berdasarkan model Gauss dengan $sill\ (C) = 0.6783$, $range\ (a) = 0.04$, dan MSE = 0.1498, sedangkan pada Gambar 5 (b) merupakan peta kontur hasil prediksi; dan Gambar 5 (c) merupakan data sebenarnya kelembaban tanah di Kabupaten Buton Tengah.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis MSE, model Spherikal dengan range sebesar 0.08 diperoleh MSE sebesar 0.5811, menunjukkan bahwa model ini mampu menangkap pola spasial hingga jarak lebih tetapi memiliki tingkat kesalahan sedikit lebih tinggi dibandingan salah satu model lainnya. Model Eksponensial dengan range sebesar 0.03 memiliki MSE sebesar 0.5827, menunjukkan bahwa model ini lebih sentitif variasi pada jarak pendek meskipun dengan sedikit peningkatan kesalahan. Sementara itu, Model Gauss dengan range sebesar 0.04 memiliki MSE sebesar 0.5807 yang menunjukkan bahwa model ini memberikan hasil prediksi lebih akurat dari ketiganya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih terutama disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Sembilanbelas November Kolaka yang memberikan kesempatan dan dukungannya pada penelitian ini.

REFERENSI

Amatullah, F.F., dkk. (2023). Perbandingan Model Ordinery Kriging dan Robust Kriging Terhadap Curah ujan di Kabupaten Tanjung Jabung Barat. *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi.* Vol. 8(07), 16-32.

Emmanuel, I.F., dkk. (2020, 04 22). Geostatistical Evaluation of Spatial Variability of Land Subsidence Rates in Lagos, Nigeria. *Geodesy and Geodynamics*. 1-12.

Hendarwati, E.K., dkk. (2023, 02). Pemilihan Semivariogram Terbaik Berdasarkan Root Mean Square Error (Rmse) pada Data Spasial Eksplorasi Emas Awak Mas. *Jurnal Geosains Kutai Basin.* Vol. 6(1), 1-6.

Kuswanda, dkk. (2024). Pemodelan Semivariogram pada Data Potensi Calon Mahasiswa Baru Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Trisaksi. Vol. 9(01), 134-146.

Muzaki & Marcos . (2022). Monitoring Suhu Udara dan Kelembaban Tanah pada Budidaya Tanaman Pepaya. *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam (JTST).* Vol. 3(2), 32-43. Retrieved 12 26, 2024

Pririzki, S.J., dkk. (2022). Penerapan Model Semivariogram Eksperimental pada Curah Hujan Bulanan di Indonesia. *Jurnal Fraction.* Vol. 2(1), 1-7.

Salim & Mukhaiyar. (2019, 07). Konfigurasi Spasial Potensi Kekuatan Gempa Bumi Menggunakan Metode Kriging Semivariogram Anisotropik 3D. *Saintifik.* Vol. 5(2), 109-120.

Sofieyanti & Sirodj. (2024). Penerapan Metode Universal Kriging untuk Mengekstimasi laju Penurunan Muka Tanah DKI Jakarta. *Jurnal Gaussian.* Vol. 13(2), 431-442.

Yendra & Risman. (2019, 01). Penerapan Metode Ordinary Kriging pada Pendugaan Kriminalitas di Kota Pekanbaru Riau. *Jurnal Sains Matematika dan Statistika.* Vol. 5(1), 13-22.