



## Model Spasial Distribusi Spesies Tumbuhan Liar di Kaki Dian Gunung Klabat Minahasa Utara

Beatrix Rondonuwu<sup>1</sup>, Winsy Weku<sup>1</sup>, Regina Butarbutar<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Matematika–Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam–Universitas Sam Ratulangi Manado, Indonesia

\*Corresponding author:

### ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan fungsi kovarians yang cocok untuk memodelkan penyebaran tumbuhan liar di Kaki Dian Gunung Klabat dan melakukan prediksi pada lokasi yang tidak tersampel dari penyebaran tumbuhan liar di Kaki Dian Gunung Klabat. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Suhu, Intensitas Cahaya, dan Tekanan udara dari setiap tumbuhan liar dengan menggunakan metode semivariogram. Hasil analisis menunjukkan bahwa model yang cocok untuk data pesebaran tumbuhan liar yaitu *exponensial* untuk variabel suhu, dan *spherical* untuk variabel Intensitas Cahaya dan Tekanan udara dan diprediksi suhu pada lokasi yang tidak tersampel adalah 29 – 30, Intensitas Cahaya 300 – 400 lux, dan Tekanan udara 940 – 941 hpa.

### INFO ARTIKEL

Diterima :

Diterima setelah revisi :

Tersedia online :

#### Kata Kunci:

Semivariogram

Pesebaran Tumbuhan Liar

Kaki Dian Gunung Klabat

### ABSTRACT

This study was to determine suitable covariance to model the spread of wild plants in Kaki Dian Gunung Klabat and make predictions at unsampled locations of the distribution of wild plants in Kaki Dian Gunung Klabat. The data used in this study were Temperature, Light Intensity, and Air Pressure data from each wild plant using the semivariogram method. The results of the analysis showed that the model suitable for wild plant distribution data was exponential for temperature variables, and spherical for Light Intensity and Air Pressure variables. Predicted temperatures at unsampled locations were 29 – 30°C, Light Intent 300 – 400 lux, and Air Pressure 940 – 941 hpa.

### ARTICLE INFO

Accepted :

Accepted after revision :

Available online :

#### Keywords:

Semivariogram

Distribution of Wild Plants

Kaki Dian Gunung Klabat

### 1. PENDAHULUAN

Indonesia kaya akan berbagai jenis flora dan fauna, hal tersebut disebabkan karena Indonesia terletak di daerah tropis yang terdiri dari beberapa pulau, dan mempunyai keanekaragaman hayati yang tinggi. Flora Indonesia sangat beranekaragam dan tersebar di seluruh wilayah kepulauan Indonesia, mulai dari bagian barat, pertengahan (peralihan) sampai bagian timur sesuai dengan habitat dan kondisi alamnya masing-masing. Flora (tumbuhan) merupakan salah satu objek yang memiliki banyak manfaat bagi manusia. Beberapa jenis tumbuhan menjadi sumber makanan, menjadi obat untuk berbagai penyakit, dan ada juga yang berfungsi untuk keindahan dan kenyamanan bagi manusia.

Tumbuhan liar merupakan tumbuhan yang tumbuh di tempat yang tidak diinginkan. Tumbuhan liar merupakan jenis tumbuhan yang dapat tumbuh dengan sendirinya, tanpa campur tangan manusia. Jenis tumbuhan liar pada suatu daerah juga bisa saja berbeda-beda karena beberapa faktor, misalnya karena biji-bijian yang dibawa burung lalu tumbuh, dan menjadi tumbuhan liar [1]. Pulau Sulawesi sebagai hasil dari suatu proses geologi yang kompleks, merupakan

muara tempat bercampurnya (*harbors a melange*) berbagai spesies hewan dan tumbuhan dalam persentase besar yang tidak dapat ditemukan di tempat manapun di dunia [9]. Sulawesi sejak diperkenalkan oleh Wallace, sangat beragam dan kompleks sehingga banyak ditemukan flora dan fauna yang unik dan endemik. Pengetahuan ini kemuDian menjadikan Sulawesi sebagai ekoregion prioritas di bioregion Wallacea, Sulawesi juga tidak luput dari berbagai tekanan dan ancaman terhadap kelestarian keanekaragaman hayati [8]. Jumlah spesimen tumbuhan yang telah dikoleksi dari pulau Sulawesi diperkirakan sebanyak 32.500 spesimen.

Luas hutan lindung di Minahasa Utara sebesar 17.600,62 hektar [2], Gunung Klabat merupakan gunung api tertinggi di Sulawesi Utara tepatnya di kabupaten Minahasa Utara yang sudah tidak aktif lagi dengan ketinggian sekitar 1995 - 2100 mdpl yang juga termasuk dalam kawasan hutan lindung. Selain dikenal dengan gunung yang tinggi, gunung Klabat juga merupakan gunung yang sangat luas yang memiliki obyek wisata Kaki Dian atau sering disebut dengan Kaki Dian gunung Klabat kelurahan Airmadidi atas dengan

luas  $\pm 37$  hektar. Oleh karena itu gunung Klabat pasti memiliki berbagai jenis tumbuh-tumbuhan mulai dari pepohonan hingga berbagai jenis tumbuhan liar lainnya.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, penelitian ini berjudul "Model Spasial Distribusi Spesies Tumbuhan Liar di Kaki Dian Gunung Klabat Minahasa Utara". Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi tantangan dalam memprediksi penyebaran tumbuhan liar di lokasi yang tidak tersampel, sehingga dengan memahami pola dan variabilitas penyebaran tumbuhan liar yang telah diamati, penelitian ini mencari metode atau model yang efektif untuk melakukan prediksi di lokasi yang belum diambil sampelnya. Fokus utama adalah mengembangkan pendekatan yang memanfaatkan data yang tersedia untuk memberikan estimasi yang akurat pada titik-titik yang belum diamati, sehingga dapat meningkatkan pemahaman tentang distribusi tumbuhan liar secara keseluruhan. Pada penelitian ini digunakan Metode variogram untuk menentukan model dan prediksi dari tumbuhan liar di Kaki Dian gunung Klabat.

### **Variogram dan Semivariogram**

Variogram merupakan perangkat statistik yang diperlukan untuk melakukan pendugaan pada data spasial, karena jika ada dua nilai spasial yang letaknya berdekatan maka akan relatif bernilai sama dibandingkan dengan dua nilai spasial yang letaknya berjauhan[4].

$$2\gamma(h) = E[Z(s) - Z(s + h)]^2 \quad (1)$$

Untuk melakukan pendugaan pada data spasial, digunakan suatu perangkat untuk menggambarkan, memodelkan, dan menghitung korelasi spasial antara variabel random  $Z(s)$  dan  $Z(s + h)$ , yang disebut dengan semivariogram yang besarnya setengah dari nilai variogram [4]. Semivariogram dapat didefinisikan sebagai berikut.

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

Variogram eksperimental merupakan nilai dugaan yang diperoleh dari penarikan sampel di lapangan. Variogram eksperimental dibuat berdasarkan nilai korelasi antara dua variabel yang dipisahkan oleh suatu jarak ( $h$ ) tertentu. Variogram eksperimental dirumuskan sebagai berikut :

$$2\gamma(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(s_i) - z(s_i + h)]^2 \quad (3)$$

Sehingga, Semivariogram eksperimental dirumuskan sebagai berikut

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(s_i) - z(s_i + h)]^2 \quad (4)$$

### **Mean Square Error**

*Mean Square Error* (MSE) merupakan salah satu ukuran efisiensi, nilai yang dapat diterima dari pengukuran ini berkisar dari 0 menunjukkan prediksi sempurna sampai 0.25 nilai batas yang menyiratkan

prediksi terburuk yang dapat diterima. *Mean Square Error* atau MSE digunakan untuk mengukur keakuratan hasil estimasi dengan rumus sebagai berikut:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (5)$$

## **2. METODE PENELITIAN**

### **Jenis dan Sumber Data**

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data primer yang diambil langsung di Kaki Dian Gunung Klabat Minahasa Utara yang berbentuk titik koordinat dimana jenis tumbuhan liar tersebut tumbuh dengan faktor yang mempengaruhi pertumbuhan jenis tumbuhan liar di Kaki Dian Gunung Klabat berupa Suhu, Intensitas Cahaya dan Tekanan udara.

### **Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah lux meter untuk mengukur intensitas cahaya, dan altimeter digital untuk mengukur tekanan udara, suhu, kelembaban serta ketinggian.

### **Metode Analisa Data**

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *softwere RStudio*. Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam menganalisis data adalah:

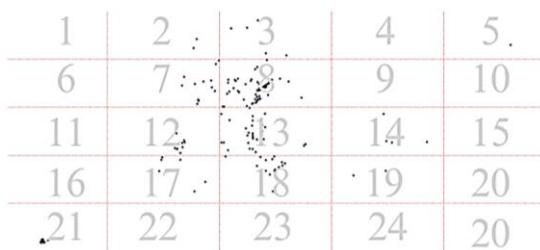
1. Pengambilan data.
2. *Preprocessing data*:
  - a. *Data Cleaning*.
  - b. *Duplicate record*.
  - c. *Cross checking*.
3. Membuat pesebaran tumbuhan liar berdasarkan titik koordinat yang diambil di tempat penelitian.
4. Menentukan frekuensi data dan menormalkan data yang tidak normal.
5. Menentukan *Cloud Variogram*, *Correlogram Spline*, dan *Experimental Variogram*
6. Pemodelan Semivariogram dan fit model
7. *Cross validation*
8. *Interpolation Model*

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Data Penelitian**

Daftar tumbuhan liar yang ditemukan di tempat pengambilan data mewakili berbagai jenis tumbuhan liar yang ada di Kaki Dian Gunung Klabat. Data yang ditemukan menunjukkan tumbuhan liar terbanyak yang sering ditemukan saat pengambilan data yaitu : *Leucosyne capitellata* dan *Macaranga hispida* sebanyak 15 individu, *Vellebrunea rubescens* sebanyak 13 individu, *Spathodea campanulata* sebanyak 11 individu, dan *Piper aduncum* sebanyak 10 individu. Sedangkan spesies lainnya tidak sampai 10 individu, hal tersebut terjadi karena faktor lingkungan ditempat tersebut seperti, kurang mendapatkan cahaya karena tertutup dengan kanopi pohon lain sehingga menghambat proses fotosintesis, spesies tersebut memiliki diameter yang kecil atau masih anak-anak. Berdasarkan data titik koordinat individu setiap spesies tumbuhan liar yang

diambil di Kaki Dian Gunung Klabat, didapatkan pesebaran tumbuhan sebagai berikut:



**Gambar 1.** Pesebaran tumbuhan liar dengan grid

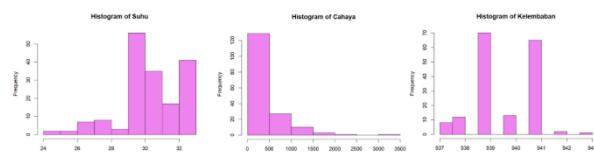
Gambar 1 merupakan pesebaran dari tumbuhan liar yang ditemukan saat pengambilan data dan pesebaran tumbuhan liar yang ditambahkan grid ini untuk mempermudah pengamatan. Pada gambar 1 kotak 8 dan 12 merupakan daerah pengambilan data terbanyak, 2 kotak tersebut terdapat banyak titik pesebaran tumbuhan liar.

**Tabel 1.** Deskripsi data tumbuhan liar

Faktor lingkungan	Min	Max	Modus	Mean	Varians
Suhu (°C)	24.4	32.4	30.1	30.28	1.689554
Cahaya (Lux)	38	3500	257	402	430.5080
Tekanan udara (hpa)	937	943	939	939	1.235803

Tabel 1 memperlihatkan deskripsi data tumbuhan liar dari  $n = 170$  titik koordinat. Tiga faktor lingkungan yang diambil adalah suhu, intensitas cahaya, dan Tekanan udara. Suhu tempat tumbuhan-tumbuhan liar di Kaki Dian gunung Klabat berada pada  $24^{\circ}\text{C} - 32^{\circ}\text{C}$  dengan suhu paling banyak adalah  $30.1^{\circ}\text{C}$ , Intensitas cahaya setiap tumbuhan liar berada pada  $38 \text{ lux} - 3500 \text{ lux}$  dengan intensitas cahaya terbanyak adalah  $257 \text{ lux}$ . Sedangkan Tekanan udara berada pada  $937 \text{ hpa} - 943 \text{ hpa}$ , sebagian besar tumbuhan liar di Kaki Dian gunung Klabat memiliki Tekanan udara  $939 \text{ hpa}$ .

#### Frekuensi Data Dari Setiap Variabel



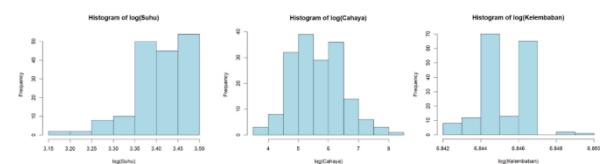
**Gambar 2.** Histogram data awal

Gambar 2 merupakan hasil histogram dari tiga variabel suhu, intensitas cahaya dan Tekanan udara dengan variabel yang datanya belum dinormalkan.

**Tabel 2.** Deskripsi Histogram

Faktor Lingkungan	Skewness	Kurtosis
Suhu (°C)	-0.9977507	4.18303
Cahaya (lux)	3.41811	19.9658
Tekanan udara (hpa)	-0.1911454	2.30496

Tabel 2 merupakan deskripsi dari hasil histogram data yang belum dinormalkan. Pada tabel tersebut variabel suhu dan Tekanan udara terkonsentrasi di sebelah kiri karena memiliki nilai negatif sedangkan variabel intensitas cahaya terkonsentrasi di sebelah kanan karena memiliki nilai positif. Sedangkan untuk kurtosis, variabel suhu dan intensitas cahaya mengalami *leptokurtic* ( $kurtosis > 3$ ) yang artinya variabel suhu dan intensitas cahaya memiliki resiko yang tinggi, sedangkan variabel Tekanan udara mengalami *platykurtic* ( $kurtosis < 3$ ) yang artinya variabel ini memiliki resiko yang lebih kecil dibandingkan dengan variabel lainnya. Resiko dalam kurtosis merupakan perubahan nilai yang ekstrim atau variasi nilai yang sangat beragam oleh karena hal tersebut data tersebut perlu dinormalkan untuk mendapatkan nilai risiko yang lebih kecil.



**Gambar 3.** Histogram setelah dinormalkan

Gambar 3 merupakan hasil histogram variabel yang sudah dinormalkan dengan transformasi logaritma.

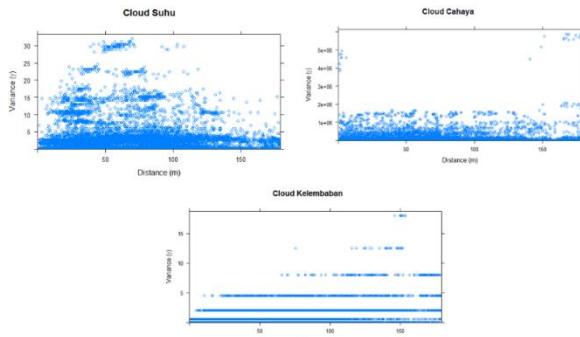
**Tabel 3.** Deskripsi Histogram

Faktor lingkungan	Skewness	Kurtosis
Suhu (°C)	-1.196214	4.819204
Cahaya (lux)	0.3256024	2.858642
Tekanan udara (hpa)	-0.1936419	2.307156

Tabel 3 merupakan hasil skewness dan kurtosis yang sudah ditransformasi dengan logaritma. Dapat dilihat data pada variabel suhu lebih terkonsentrasi di sebelah kanan, dan memiliki resiko yang lebih besar. Pada data variabel intensitas cahaya lebih terkonsentrasi di sebelah kiri dan memiliki resiko yang kecil. Sedangkan data variabel Tekanan udara lebih terkonsentrasi di sebelah kanan dan memiliki resiko yang kecil.

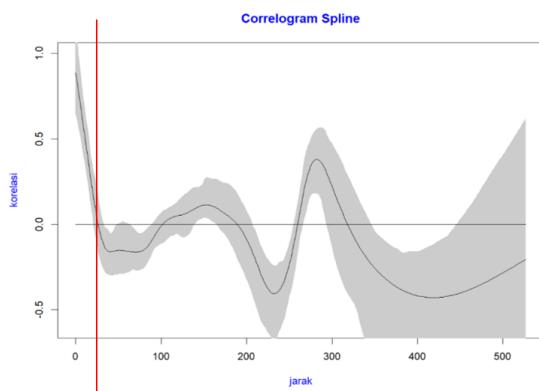
#### Cloud Variogram

Gambar 4 merupakan hasil *cloud variogram* dari ketiga variabel yaitu suhu, Intensitas cahaya dan Tekanan udara. *Cloud Variogram* mewakili scatterplot dari variogram eksperimental.



**Gambar 4.** *Cloud Variogram* ketiga varibel Suhu, Intensitas cahaya, dan Tekanan Udara

### Correlogram Spline



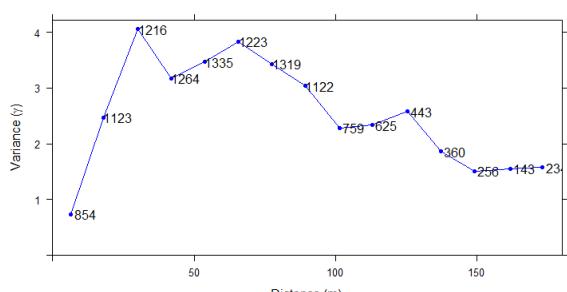
**Gambar 6** Correlogram Spline

**Gambar 5.** Correlogram Spline

Gambar 5 merupakan *Correlogram Spline* dari variabel suhu, intensitas cahaya, dan Tekanan udara. Grafik tersebut menunjukkan bahwa data dari variabel suhu, intensitas cahaya, dan Tekanan udara berkorelasi pada jarak 26,22572meter setelah jarak tersebut ada juga yang berkorelasi namun tidak sebaik pada jarak 26,22572 meter.

### Experimental Variogram

Untuk mengubah *cloud variogram* menjadi *experimental variogram* digunakan rumus pada persamaan 4.

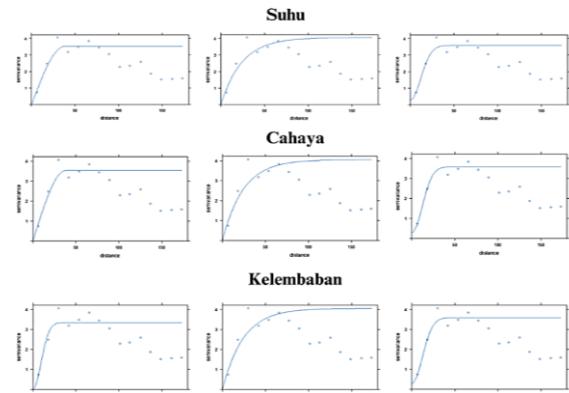


**Gambar 6.** Experimental Variogram

Gambar 6 merupakan eksperimental variogram yang terbentuk dari partisi cloud variogram. Partisi cloud variogram dari ketiga faktor lingkungan (suhu, intensitas cahaya, dan tekanan udara) menghasilkan satu eksperimental variogram karena ketiga faktor lingkungan yang digunakan memiliki jarak atau titik pengambilan data yang sama, sehingga hasil eksperimental variogramnya juga sama.

### Pemodelan Semivariogram

Dalam penelitian ini digunakan 3 model sebagai perbandingan yaitu Spherical, Exponensial, dan Gaussian.



**Gambar 7.** Semivariogram dengan tiga model Spherical (baris 1), Exponensial (baris 2), Gaussian (baris 3)

Gambar 7 merupakan model semivariogram dari suhu (kolom 1), intensitas cahaya (kolom 2) dan tekanan udara (kolom 3) dengan ketiga model, spherical (baris 1), eksponensial (baris 2), dan gaussian (baris 3) dari ketiga model dapat dilihat bahwa setiap faktor lingkungan sama-sama memiliki nilai nugget. Gradien (kemiringan) pada daerah psill sudah mendekati baik, sedangkan pada titik lainnya kurva terletak dibawah, atau diatas data. Pengamatan yang dilakukan menggunakan visual tidak dapat dijadikan sebagai kesimpulan dalam penaksiran, karena tingkat keakuratan masih kurang, sehingga perlu melakukan fitting model untuk meminimalisir eror yang terjadi.

**Tabel 4.** Niai model semivariogram sebelum difitkan

Faktor lingkungan	Model	Range	Partial Sill	Nugget	Metode
Suhu (°C)	Spherical	57.686	2.964	2.964	Visual
	Eksponensial	57.686	2.964	2.964	Visual
	Gaussian	57.686	2.964	2.964	Visual
Cahaya (lux)	Spherical	57.686	2.964	2.964	Visual
	Eksponensial	57.686	2.964	2.964	Visual
	Gaussian	57.686	2.964	2.964	Visual
Tekanan udara (hpa)	Spherical	57.686	2.964	2.964	Visual
	Eksponensial	57.686	2.964	2.964	Visual
	Gaussian	57.686	2.964	2.964	Visual

Nilai model pada tabel 4 merupakan nilai model yang dilakukan secara visual melalui pengamatan yang Dianalisis pada grafik model semivariogram. Hasil yang diperoleh dari analisis secara visual memiliki tingkat keakuratan yang kurang baik, sehingga perlu untuk dilakukan fit model untuk meminimalisir error.

**Tabel 5.** Niai model semivariogram setelah difitkan

Faktor lingkungan	Model	Range	Partial Sill	Nugget	Metode
Suhu (°C)	Spherical	39.833	0.00414	0	LM
	Eksponensial	25.739	0.00482	0	LM
	Gaussian	13.800	0.00391	0	LM
Cahaya (lux)	Spherical	16.578	0.595	0	LM
	Eksponensial	9.607	0.664	0	LM
	Gaussian	7.200	0.596	0	LM
Tekanan udara (hpa)	Spherical	134.867	1.980	0	LM
	Eksponensial	81.650	2.266	0	LM
	Gaussian	11.077	7.142	0	LM

Tabel 5 merupakan nilai sill dan range setiap model setelah dilakukan fit model variogram. Pada penelitian ini digunakan fit. Variogram dengan algoritma Levenberg-Marquardt (LM).

### Mean Square Error

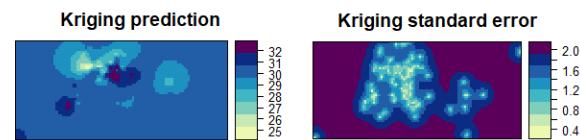
**Tabel 6.** Niai MSE setiap variabel

Faktor lingkungan	Data rata-rata pelatihan	Data rata – rata Prediksi			Nilai MSE		
		Sph	Exp	Gau	Sph	Exp	Gau
Suhu (°C)	30.28	29.73	29.81	29.73	0.3025	<b>0.2209</b>	0.3025
Cahaya (lux)	402	378.6	344.8	428.9	<b>547.56</b>	3271.84	723.61
Tekanan udara (hpa)	939	940.2	940.2	940.3	<b>1.44</b>	<b>1.44</b>	1.69

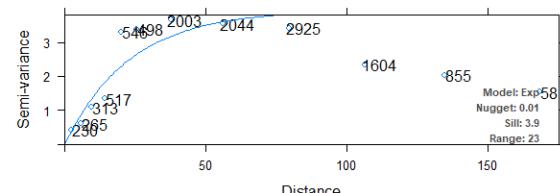
Berdasarkan hasil pada table 6, variabel Suhu, model *Spherical* memperoleh nilai 0.3025, Eksponensial 0.2209, dan Gaussian 0.3025 nilai MSE terendah terdapat pada model Eksponensial sehingga model yang cocok untuk faktor lingkungan Suhu adalah model Eksponensial. Selanjutnya pada Cahaya, model *Spherical* memperoleh nilai 547.56, Eksponensial 3271.84, dan Gaussian 723.61 nilai MSE terendah terdapat pada model *Spherical* sehingga model yang cocok untuk variabel Cahaya adalah *Spherical*. Untuk variabel Tekanan udara model *Spherical* memperoleh nilai 1.44, Eksponensial 1.44, dan Gaussian 1.69 pada variabel ini terdapat dua nilai MSE terendah yaitu *Spherical* dan Eksponensial dengan nilai 1.44 namun berdasarkan uji validitas model *Spherical* yang paling cocok untuk variabel Tekanan udara.

### Interpolation Model

#### a. Suhu



#### Experimental variogram and fitted variogram model

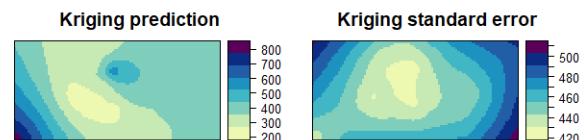


**Gambar 8.** Prediksi Suhu

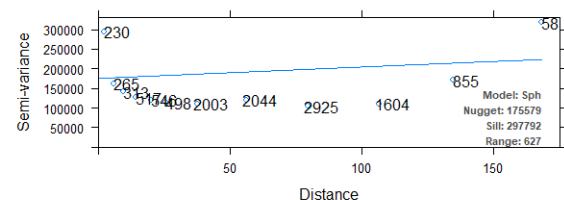
Gambar 8 merupakan plot prediksi dari fungsi kovarians Eksponensial. Nilai nugget pada model Eksponensial ini 0.01 dengan sill 3.9 dan range 23. Plot *kriging prediction*, diprediksi nilai suhu maksimal yaitu 32°C, suhu minimal 25°C, dan suhu terbanyak yaitu pada 30°C. Selain *kriging prediction* dan *experimental variogram* terdapat juga *standard error*nya. Plot tersebut nilai error terendah merupakan 0.4 jika diperhatikan lebih lanjut, nilai 0.4 dalam plot tersebut berada pada titik koordinat data yang ditemukan dilapangan, oleh karena itu nilai error-nya kecil karena nilai tersebut merupakan nilai asli yang diambil langsung ditempat pengambilan data.

#### b. Intensitas Cahaya

Pada variabel cahaya terdapat 2 hasil yaitu sebelum ditransformasi dan setelah ditransfirmasi. Hal tersebut terjadi karena nilai data variabel cahaya yang diambil dilapangan beragam dan berbeda jauh satu dengan yang lain, sehingga nilai sill dan range yang didapatkan sebelum ditransformasi sangat besar, namun setelah ditransformasi nilai sill kembali normal.



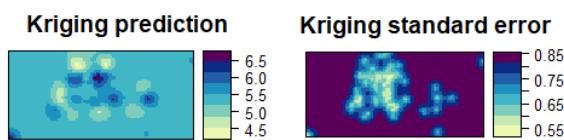
#### Experimental variogram and fitted variogram model



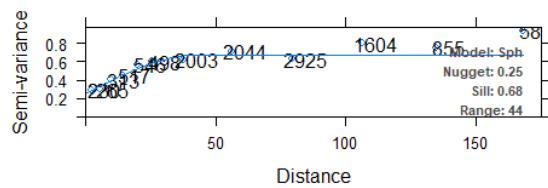
**Gambar 9.** Prediksi Intensitas Cahaya Sebelum ditransformasi

Gambar 9 merupakan plot prediksi dari variabel Cahaya yang belum ditransformasi, dengan menggunakan fungsi kovarians *Spherical*. Nilai nugget pada model ini adalah 175579 dengan sill 297792 dan range 627. Pada plot *kriging prediction*, diprediksi nilai cahaya terendah adalah 200 dan nilai prediksi terbesar adalah 800. Nilai error pada prediksi ini juga besar, karena berbagai variasi nilai yang ada dan menyebabkan nilai sill besar hal tersebut juga yang menyebabkan nilai errornya dari prediksi ini besar. Pada prediksi ini nilai error terkecilnya adalah 420 dan nilai error terbesar lebih dari 500.

Gambar 9 menunjukkan besarnya nilai sill, yang disebabkan karena nilai data yang diambil dilapangan bervariasi sehingga nilai sill dari variabel Intensitas Cahaya menjadi besar. Untuk menormalkan nilai sill, dilakukan transformasi data dengan log.



**Experimental variogram and fitted variogram model**



- [4] Cressie, N. A. C., 1993. *Statistics for Spatial Data*, John Wiley and Sons Inc, New York.
- [5] Usman Fahrul, Tinungki Georgina, dan HerDiani Erna. 2022. Model Semivariogram dalam Menaksir Sebaran Kadar Ni Menggunakan *Ordinary Kriging*. *SPECTA Journal of Technology*. 6(1) : 55 – 67.
- [6] Harmida., Sarno dan Yuni, V. F. 2011. Studi Etnofitomedika di Desa Lawang Agung Kecamatan Mulak Ulu Kabupaten Lahat Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains*. 14 (1) : 42 – 46.
- [7] Isaaks, E.H. and Srivastava, R.M., 1989. *Applied Geostatistics*, Oxford University Press, New York.
- [8] Kinno Jullianus. 2011. Karakteristik Morfologi Zingiberaceae di Cagar Alam Gunung Ambang Sulawesi Utara. *BPK Manado*, 1(1) : 35-50.
- [9] Lee, R.J., J. Riley, dan R. Merrill. 2001. *Keanekaragaman Hayati dan Konservasi Di Sulawesi Bagian Utara*. WCS-IP dan NRM. Jakarta.
- [10] Nielsen, A. A. 2009. *Geostatistics and Analysis of Spatial Data*.
- [11] Webster, R. and Oliver, M. A. 2001. 'Geostatistics for Environmental Scientists'. John Wiley & Sons Ltd, Chichester.
- [12] Willmott, C. J. 1982. 'Some Comments on The Evaluation of Model Performance'. *Bull. Am. Meteorol*, 63: 1309-131
- [13] Weku Winsy, Pramoedyo Henny, Widodo Agus, Fitriani Rahma.2019. 'Non-monoton Nonparametric Variogram to Model the Land Price of Manado City with Hole Effect Periodicity Structure'. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 546.

**Beatrix Christin Natali Rondonuwu**  
([beatrixrondonuwu233@gmail.com](mailto:beatrixrondonuwu233@gmail.com))



Lahir di Lembean, Minahasa Utara pada tanggal 23 Desember 2001. Menempuh pendidikan tinggi Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi Manado. Tahun 2024 adalah tahun terakhir ia menempuh studi. Makalah ini merupakan hasil penelitian skripsinya yang dipublikasikan.

**Winsy Christo Delian Weku**  
([winsky\\_weku@unsrat.ac.id](mailto:winsky_weku@unsrat.ac.id))



Lahir di Paslaten, Minahasa Utara pada 09 Desember 1976. Gelar Sarjana bidang Matematika didapatkan dari Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga pada tahun 2001. Pada tahun 2011 mendapatkan gelar *Master of Computer Science* (M.Cs) yang diperoleh dari Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga. Melanjutkan studi S3 di Universitas Brawijaya tahun 2017 dan mendapatkan gelar Doktor bidang Matematika Terapan pada tahun 2020. Saat ini menjadi dosen di jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sam Ratulangi Manado

**Regina Rosita Butarbutar**



Lahir di Manado, Sulawesi Utara pada 04 Mei 1977. Dengan gelar Dr., S.P., M.Si. Saat ini menjadi dosen di jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sam Ratulangi Manado