

Geometric Anisotropic Semivariogram Modelling of Hotspot Confidence Levels in South Matan Hilir Subdistrict

Pemodelan Semivariogram Anisotropik Geometrik Tingkat Kepercayaan Titik Panas di Kecamatan Matan Hilir Selatan

Ari Ratna Gumilang^{1*}, Sandy Vantika^{2*}

¹ Master Program in Mathematics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Bandung Institute of Technology, Indonesia

² Department of Mathematics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Bandung Institute of Technology, Indonesia

Email: ¹ariratnag@gmail.com ²sandy.vantika@itb.ac.id

*Corresponding Author

Abstract

The purpose of this research is to apply geometric anisotropic semivariogram modelling to confidence level of hotspots in South Matan Hilir Subdistrict, Ketapang Regency. The confidence level of hotspot can be used as an indicator of the likelihood of forest and land fires. A higher confidence level indicates a greater certainty that a fire has actually occurred at the hotspot location. The hotspot confidence level is spatial data because it is a random variable with an index location; therefore, the relationships among locations can be represented using a semivariogram model. A geometric anisotropic semivariogram model was employed in this study since the influence of direction exists in the distribution of hotspots. The results present that the exponential semivariogram model is the most suitable to represent the data, with the strongest spatial influence occurring in the north-south direction. Moreover, spatial dependence remains significant at a distance of 0.02027° .

Keywords: confidence level, hotspots, geometric anisotropic semivariogram

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan pemodelan semivariogram anisotropik geometrik terhadap tingkat kepercayaan titik panas di Kecamatan Matan Hilir Selatan, Kabupaten Ketapang. Tingkat kepercayaan titik panas dapat dijadikan indikator kemungkinan terjadinya kebakaran hutan dan lahan. Nilai tingkat kepercayaan yang semakin tinggi menunjukkan semakin besar kepercayaan bahwa kebakaran di titik panas tersebut benar-benar terjadi. Tingkat kepercayaan titik panas merupakan data spasial karena berupa peubah acak dengan indeks lokasi, sehingga hubungan antar titik dapat direpresentasikan dalam model semivariogram. Model semivariogram anisotropik geometrik digunakan dalam penelitian ini karena terdapat pengaruh arah pada penyebaran titik panas. Hasil menunjukkan bahwa model semivariogram eksponensial paling cocok dalam merepresentasikan data dengan pengaruh spasial paling kuat pada arah utara-selatan. Selain itu, keberpengaruhan spasial masih signifikan pada jarak $0,02027^\circ$.

Kata kunci: tingkat kepercayaan, titik panas, semivariogram anisotropik geometrik



1. PENDAHULUAN

Kebakaran hutan dan lahan merupakan permasalahan yang sering terjadi di Indonesia. Beberapa faktor yang memicu terjadinya kebakaran ini setiap tahun, antara lain kondisi musim, tingkat curah hujan, dan faktor lainnya [8,10]. Kebakaran hutan dan lahan menimbulkan dampak negatif terhadap berbagai sektor, seperti lingkungan, ekonomi, maupun kesehatan. Oleh karena itu, perlu tindakan pencegahan dan penanggulangan agar dapat meminimalkan dampak yang ditimbulkan kebakaran hutan dan lahan.

Lokasi kebakaran dapat diidentifikasi melalui titik panas yang dideteksi oleh beberapa satelit. Menurut Permenhut Nomor P.12/Menhut-II/2009, titik panas (*hotspot*) adalah indikator kebakaran hutan yang mendeteksi suatu lokasi yang memiliki suhu relatif tinggi dibandingkan dengan suhu di sekitarnya. Semakin tinggi jumlah titik panas di suatu daerah, semakin besar pula potensi terjadinya kebakaran lahan di wilayah tersebut [5].

Tingkat kepercayaan titik panas merupakan nilai yang menggambarkan sejauh mana keyakinan bahwa titik panas yang terdeteksi melalui data satelit penginderaan jauh benar-benar menunjukkan kejadian kebakaran di lapangan. Semakin besar nilai tingkat kepercayaan tersebut, semakin tinggi pula kemungkinan bahwa titik panas tersebut menunjukkan kebakaran hutan atau lahan yang sebenarnya terjadi [5]. Giglio [5,6] membagi tingkat kepercayaan menjadi beberapa kelas yang ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Representasi tingkat kepercayaan titik panas

Tingkat Kepercayaan (C)	Kelas	Tindakan
$0\% \leq C < 30\%$	Rendah	Perlu diperhatikan
$30\% \leq C < 80\%$	Sedang	Waspada
$80\% \leq C \leq 100\%$	Tinggi	Segera penanggulangan

Tingkat kepercayaan dari titik panas merupakan data spasial, sehingga kebergantungan antar titik panas dapat direpresentasikan melalui model semivariogram, yaitu variansi dari selisih nilai pada dua lokasi dengan jarak tertentu. Penelitian mengenai semivariogram telah banyak dilakukan sebelumnya. Sari, dkk [14] membandingkan performa metode kuadrat terkecil dan *nonparametric Epanechnikov kernel* pada pemodelan semivariogram. Penelitian lain oleh Sari, dkk [15] mengaplikasikan pemodelan semivariogram pada kluster provinsi untuk penyakit menular dan gangguan kesehatan mental di Indonesia. Selain itu, Sari, dkk [13] meneliti estimasi parameter semivariogram menggunakan metode *bootstrap*. Sementara itu, Sari, dkk [12] membandingkan semivariogram isotropik dan anisotropik untuk model Gauss.

Pemodelan semivariogram terhadap tingkat kepercayaan titik panas sebelumnya telah dilakukan oleh Huda, dkk [7]. Dalam penelitiannya, Huda, dkk [7] melakukan pemodelan semivariogram dan interpolasi Kriging biasa pada tingkat kepercayaan titik panas yang terdeteksi di Desa Nanga Tayap dan Desa Kendawangan, Kabupaten Ketapang, Provinsi Kalimantan Barat pada 15 September 2015. Kebaruan dari penelitian ini dibandingkan dengan Huda, dkk [7] terletak pada analisis arah pengaruh spasial penyebaran titik panas serta pembahasan keterkaitannya dengan faktor lingkungan, seperti arah angin [16]. Dengan demikian, penelitian ini akan menerapkan model semivariogram anisotropik yang mempertimbangan pengaruh jarak dan arah.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data titik panas yang terdeteksi di Kecamatan Matan Hilir Selatan pada 19 September 2019 [4]. Data ini diakses melalui situs SIPONGI KEMENHUT pada 4 Juni 2021. Data ini merupakan suatu data spasial karena memiliki indeks lokasi. Oleh karena itu, akan

dilakukan pemodelan semivariogram untuk menganalisis kebergantungan spasial antar titik panas di lokasi pengamatan tersebut.

Pemodelan Semivariogram

Semivariogram ($\gamma(h)$) adalah salah satu fungsi yang menyatakan kebergantungan spasial. Nilai semivariogram yang sangat besar menunjukkan keberagaman nilai observasi yang tinggi, artinya nilai peubah acak antar lokasi memiliki nilai yang berbeda jauh [11]. Semivariogram eksperimental merupakan hasil pengamatan yang diperoleh dari hasil observasi di lapangan. Semivariogram eksperimental menyatakan hubungan spasial pada suatu jarak tertentu. Matheron (1965) merumuskan semivariogram eksperimental yaitu sebagai berikut [3,11].

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (Z(s_i + h) - Z(s_i))^2 \quad (2.1)$$

dengan h adalah jarak antar dua lokasi, $\hat{\gamma}(h)$ adalah semivariogram eksperimental, $N(h)$ adalah banyak pasangan lokasi, dan $Z(s_i)$ merupakan nilai observasi pada lokasi s_i .

Semivariogram eksperimental yang diperoleh melalui Persamaan (2.1) dicocokkan dengan model semivariogram teoritis dengan menaksir parameter dari model teoritis. Model semivariogram teoritis memiliki tiga parameter, yaitu efek acak (C_0), nilai batas parsial (C), dan jarak kritis (a). Penelitian ini menggunakan model semivariogram teoritis dengan bentuk sebagai berikut [9].

1. Model Eksponensial

$$\gamma(h) = C_0 + C \left(1 - \exp\left(-\frac{|h|}{a}\right) \right) \quad (2.2)$$

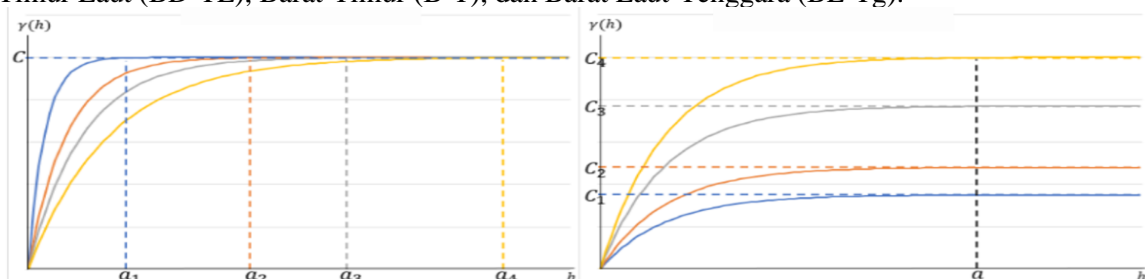
2. Model Sferis

$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C \left(\frac{3|h|}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{|h|}{a} \right)^3 \right), & 0 < |h| < a \\ C_0 + C, & |h| \geq a \end{cases} \quad (2.3)$$

3. Model Pentasferis

$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C \left(\frac{15}{8} \left(\frac{|h|}{a} \right) - \frac{5}{4} \left(\frac{|h|}{a} \right)^3 + \frac{3}{8} \left(\frac{|h|}{a} \right)^5 \right), & 0 < |h| < a \\ C_0 + C, & |h| \geq a \end{cases} \quad (2.4)$$

Pemodelan semivariogram yang bergantung pada jarak dan arah dikenal sebagai semivariogram anisotropik. Sedangkan, semivariogram yang hanya bergantung pada jarak disebut dengan semivariogram isotropik [11]. Pada semivariogram anisotropik, nilai semivariogram dihitung untuk setiap arah tertentu. Umumnya digunakan empat arah utama, yaitu Utara-Selatan (U-S), Barat Daya-Timur Laut (BD-TL), Barat-Timur (B-T), dan Barat Laut-Tenggara (BL-Tg).



Gambar 2.1. Bentuk kurva semivariogram anisotropik geometrik (kiri) dan zonal (kanan)

Berdasarkan nilai parameter model teoritis, semivariogram anisotropik dibagi menjadi dua jenis, yaitu anisotropik geometrik dan anisotropik zonal [1,2]. Jika nilai batas hampir sama untuk setiap arah, maka semivariogram termasuk dalam anisotropik geometrik [1]. Jika nilai jarak kritis hampir sama untuk setiap arah, maka semivariogram termasuk dalam anisotropik zonal [2]. Budrikaitè dan Dučinskas [1] merumuskan semivariogram anisotropik sebagai berikut.

$$\gamma(h) = C_0 + C \cdot f\left(\frac{|h|}{a_\beta}\right) \quad (2.5)$$

dengan

$$a_\beta = \frac{a_{min}}{\sqrt{k^2 \cos^2(\theta - \beta) + \sin^2(\theta - \beta)}}$$

k adalah rasio anisotropik yang dirumuskan sebagai $k = \frac{a_{min}}{a_{maks}}$. a_{min} dan a_{maks} berturut-turut menyatakan nilai jarak kritis terendah dan tertinggi yang diperoleh dari arah tertentu, yang mana arah a_{min} tegak lurus dengan a_{maks} . Sudut β merupakan sudut yang dibentuk dari dua observasi terhadap sumbu y positif. Sudut θ merupakan arah yang memiliki nilai jarak kritis tertinggi. Hal ini menandakan bahwa hubungan spasial pada arah tersebut cenderung lebih kuat [11].

Pemodelan semivariogram anisotropik zonal relatif lebih kompleks dibandingkan dengan anisotropik geometrik. Dalam praktiknya, semivariogram anisotropik zonal jarang dijumpai dan umumnya muncul sebagai kombinasi dengan anisotropik geometrik [2]. Oleh karena itu, model semivariogram anisotropik zonal dapat direpresentasikan sebagai penjumlahan dari dua model anisotropik, gabungan antara model isotropik dan anisotropik zonal, serta model semivariogram marginal [2].

Metode Penaksiran

Semivariogram eksperimental dicocokkan dengan model semivariogram teoritis dengan menaksir parameternya. Metode penaksiran yang akan diterapkan dalam mengestimasi parameter semivariogram teoritis adalah metode kuadrat terkecil (*least squares*). Prinsip dari metode ini adalah meminimumkan jumlah kuadrat galat antara semivariogram eksperimental dan model semivariogram teoritis yaitu sebagai berikut [11].

$$\min_{\theta} \sum_{i=1}^n (\hat{\gamma}(h_i) - \gamma(h_i; \theta))^2, \quad (2.6)$$

dengan $\theta = (C_0, C, a)$ sebagai parameter model semivariogram yang akan ditaksir menggunakan RStudio dengan paket `gstat`.

Evaluasi Model

Metode akar dari rerata galat (*Root Mean Square Error*, RMSE) digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian model, yang dirumuskan sebagai berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\gamma(h_i) - \hat{\gamma}(h_i))^2}, \quad (2.7)$$

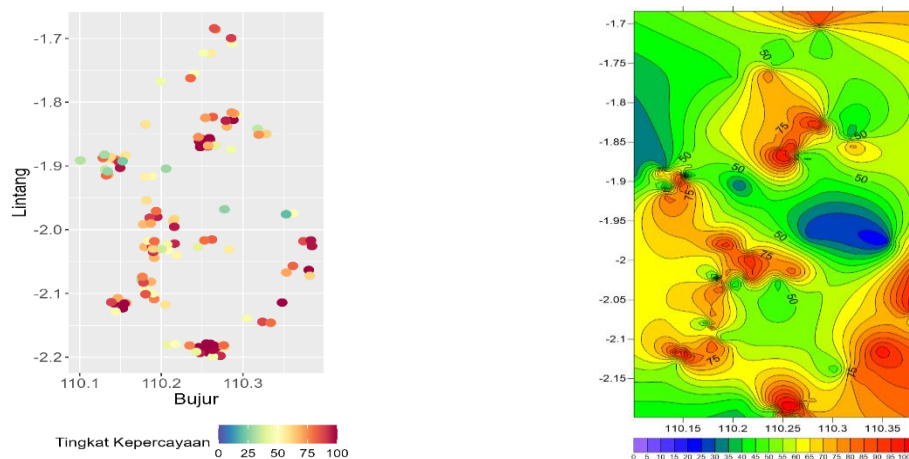
dengan $\gamma(h_i)$ adalah semivariogram eksperimental pada lag h_i , $\hat{\gamma}(h_i)$ adalah semivariogram hasil pemodelan pada lag h_i , dan n adalah banyaknya lag pada semivariogram. Jika nilai RMSE mendekati nol, maka menunjukkan bahwa model semivariogram teoretis memiliki kesesuaian yang baik terhadap model semivariogram eksperimental, dan sebaliknya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data titik panas mencakup informasi mengenai koordinat bujur, lintang, dan tingkat kepercayaan titik panas. Koordinat titik panas disajikan dalam satuan derajat ($^{\circ}$) dan tingkat kepercayaan titik panas dalam satuan persen (%). Semakin tinggi tingkat kepercayaan titik panas, maka semakin besar pula kepercayaan bahwa terjadi kebakaran pada titik tersebut. Data titik panas terdiri dari 129 titik yang tersebar di Kecamatan Matan Hilir Selatan pada 19 September 2019. Tidak ditemukan adanya nilai tidak valid maupun duplikasi tambahan pada data. *Filtering* tambahan tidak dilakukan karena semua titik panas berada pada wilayah dan periode waktu yang sama.

Dalam penelitian ini, arah anisotropik spasial menggunakan arah mata angin yaitu Utara-Selatan (U-S, 0°), Barat Daya-Timur Laut (BD-TL, 45°), Barat-Timur (B-T, 90°), dan Barat Laut-Tenggara (BL-Tg, 135°). Arah U-S ditetapkan sebagai arah acuan yang merepresentasikan sumbu y positif, sesuai dengan penentuan arah pada paket *gstat* pada perangkat lunak R. Data titik panas menyebar secara tidak teratur, sehingga arah pasangan titik jarang tepat sejajar dengan arah mata angin utama. Oleh karena itu, diterapkan toleransi sudut sebesar $22,5^{\circ}$ pada tiap arah untuk mengelompokkan pasangan titik berdasarkan arah dominannya. Dengan demikian, pasangan titik yang membentuk sudut dari $22,5^{\circ}$ hingga $67,5^{\circ}$ diklasifikasikan ke dalam arah BD-TL, dan seterusnya untuk arah lainnya.

Gambar 3.1. menunjukkan bahwa titik panas tersebar secara acak di seluruh wilayah kecamatan. Tingkat kepercayaan sebagian besar berada pada kisaran 50% hingga 100%. Selain itu, peta kontur menunjukkan bahwa kontur lebih bervariasi pada arah U-S. Oleh karena itu, dugaan sementara menunjukkan bahwa arah anisotropik berada pada arah U-S.



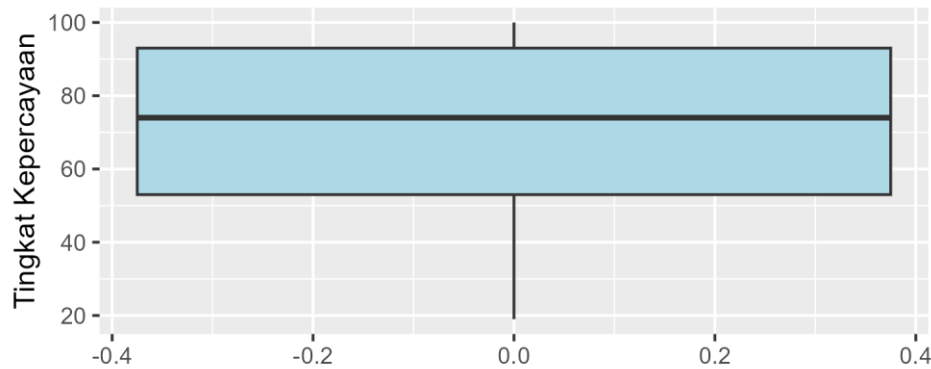
Gambar 3.1. Diagram pencar (kiri) dan peta kontur (kanan) tingkat kepercayaan titik panas Kecamatan Matan Hilir Selatan

Tabel 3.1. Statistika deskriptif tingkat kepercayaan titik panas

Banyak data	129	Jangkauan	81
Rerata	71,26	<i>Skewness</i>	-0,38
Simpangan baku	22,86	<i>Kurtosis</i>	-0,99
Median	74	Kuartil bawah (Q_1)	53
Nilai minimum	19	Kuartil atas (Q_3)	93
Nilai maksimum	100		

JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Ari Ratna Gumilang, Sandy Vantika



Gambar 3.2. Diagram kotak-titik tingkat kepercayaan titik panas Kecamatan Matan Hilir Selatan

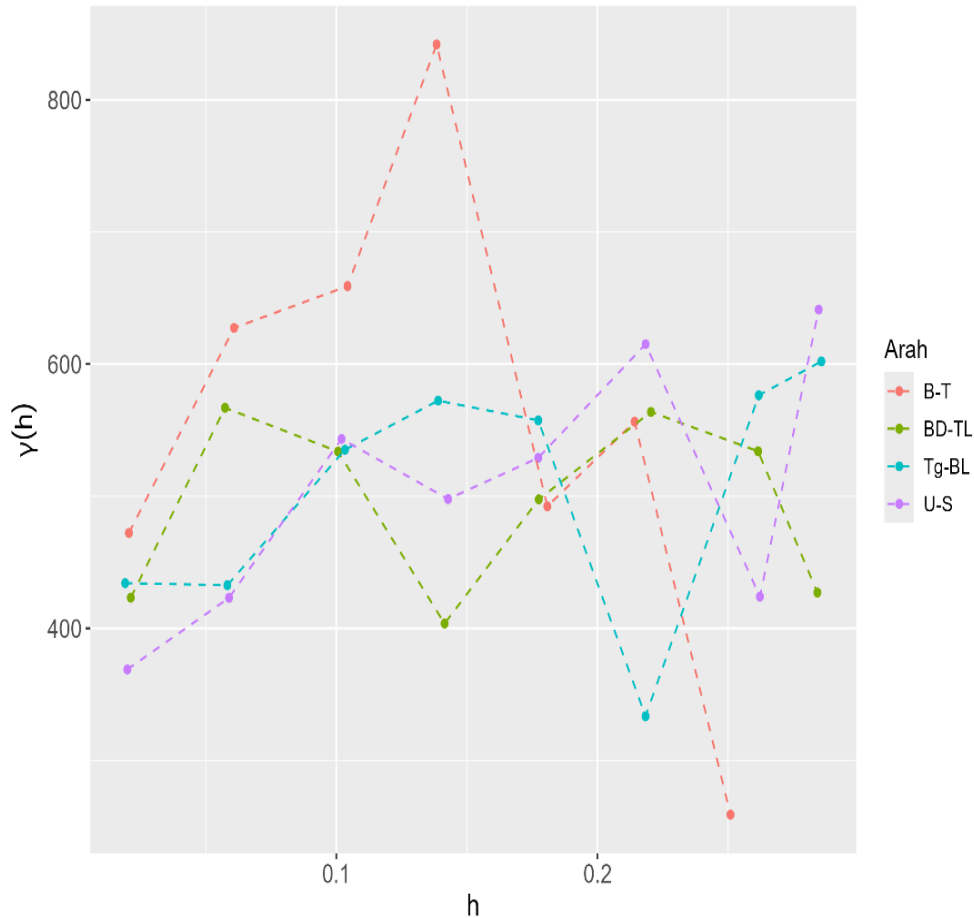
Karakteristik data titik panas di Kecamatan Matan Hilir Selatan disajikan dalam statistik deskriptif pada Tabel 3.1. Simpangan baku sebesar 22,86 menunjukkan bahwa tingkat kepercayaan titik panas memiliki nilai yang cukup bervariasi. Hal ini diperkuat dengan nilai jangkauan yang relatif besar, yaitu sebesar 81. Gambar 3.2. menunjukkan diagram kotak-titik dari data titik panas. Distribusi data menunjukkan pola menceng kiri, yang menandakan bahwa sebagian besar data memiliki nilai tingkat kepercayaan yang tinggi. Hal ini sesuai dengan reratanya yang cukup tinggi yaitu 71,26. Kemudian, tidak terdapat pencilan pada diagram kotak-titik. Oleh karena itu, perhitungan semivariogram eksperimental dapat menggunakan metode Matheron.

Tabel 3.2. Semivariogram eksperimental tiap arah

Lag	U-S			BD-TL		
	h	$N(h)$	$\hat{\gamma}(h)$	h	$N(h)$	$\hat{\gamma}(h)$
1	0,020016761	158	368,8417722	0,021332228	145	423,1896552
2	0,058950679	194	423,0773196	0,057407061	234	566,9209402
3	0,102025354	242	543,3326446	0,100694569	242	533,7355372
4	0,142794109	416	497,8317308	0,141452454	291	403,5773196
5	0,177311068	553	528,9909584	0,177513564	297	497,5976431
6	0,218400372	508	615,0797244	0,220455227	255	563,7411765
7	0,262172470	306	423,9362745	0,261475193	145	533,9758621
8	0,284664437	97	641,2680412	0,284168599	27	427,0000000
Lag	B-T			Tg-BL		
	h	$N(h)$	$\hat{\gamma}(h)$	h	$N(h)$	$\hat{\gamma}(h)$
1	0,020626099	204	472,1642157	0,019188715	149	434,1543624
2	0,060871609	163	627,4018405	0,058314207	103	432,6262136
3	0,104284983	132	658,9545455	0,103309418	246	535,1239837
4	0,138403628	169	841,9526627	0,138999876	416	572,3197115
5	0,180790782	239	492,3179916	0,177317622	310	557,3758065
6	0,214209754	103	556,3543689	0,218382501	167	333,3952096
7	0,250910025	28	258,9285714	0,261735705	103	576,3689320
8				0,285681820	28	602,0000000

Pengelompokkan jarak juga akan mempertimbangkan arah, yaitu U-S (0°), BD-TL (45°), B-T (90°), dan Tg-BL (135°) dengan toleransi sebesar 22,5°. Perhitungan semivariogram eksperimental

juga dihitung untuk masing-masing arah. Tabel 3.2 menunjukkan hasil perhitungan semivariogram eksperimental dengan metode Matheron. Secara keseluruhan, semakin besar jarak h , maka semakin besar pula semivariogram eksperimentalnya ($\hat{\gamma}(h)$). Namun, pada arah Barat-Timur, terlihat bahwa nilai semivariogram naik hingga lag ke-4 kemudian turun hingga lag ke-7. Hal ini diperkuat dengan Gambar 3.3 yang menunjukkan bahwa variansi terbesar terdapat pada lag ke-4 yang menandakan terdapat pengaruh spasial yang cukup besar pada lag tersebut. Berdasarkan Gambar 3.3, terlihat bahwa semivariogram eksperimental cenderung stasioner untuk setiap arah. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat tren naik maupun turun yang signifikan untuk setiap arah.



Gambar 3.3. Semivariogram eksperimental tiap arah

Selanjutnya, semivariogram eksperimental tersebut akan dicocokkan dengan model semivariogram teoritis dengan menggunakan metode kuadrat terkecil. Pencocokan model dilakukan dengan menaksir parameter semivariogram teoritis, yaitu nilai batas (C) dan jarak kritis (α). Efek acak (C_0) diasumsikan bernilai nol, dengan asumsi bahwa titik panas yang berjarak sangat dekat memiliki nilai temperatur yang hampir sama, sehingga tingkat kepercayaannya relatif serupa.

Tabel 3.3. Hasil penaksiran parameter model semivariogram teoritis

	Eksponensial		Sferis		Pentasferis	
	\hat{C}	$\hat{\alpha}$	\hat{C}	$\hat{\alpha}$	\hat{C}	$\hat{\alpha}$
U-S	533,2094	0,02026603	524,7881	0,03896106	524,7881	0,04738783
BD-TL	503,2960	0,01105903	503,7926	0,03268373	503,7926	0,03895193

JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Ari Ratna Gumilang, Sandy Vantika

B-T	572,3201	0,01146275	572,6517	0,03247939	572,6517	0,03882736
Tg-BL	516,8582	0,01096081	515,6014	0,02929363	515,6014	0,03489689

Tabel 3.3 menunjukkan hasil penaksiran parameter model semivariogram teoritis menggunakan pemrograman R. Terlihat bahwa setiap arah memiliki nilai batas dan jarak kritis yang berbeda. Jarak kritis pada arah U-S memiliki nilai terbesar untuk setiap model, yang menunjukkan bahwa pengaruh spasial terbesar terdapat pada arah tersebut. Dengan demikian, jarak kritis maksimum ditentukan oleh arah U-S, sedangkan jarak kritis minimum ditunjukkan oleh arah tegak lurus nya, yaitu B-T. Akibatnya, diperoleh sudut $\theta = 0^\circ$. Dalam pemodelan semivariogram anisotropik, nilai batas C diperoleh melalui rerata tiap arah. Oleh karena itu, berdasarkan Tabel 3.3 diperoleh model semivariogram anisotropik sebagai berikut.

1. Model Eksponensial

$$\gamma(h, \beta^\circ) = 531,4209 \left(1 - \exp\left(-\frac{h}{a(\beta^\circ)}\right) \right) \quad (3.1)$$

$$\text{dengan } a(\beta^\circ) = \frac{0,01146275}{\sqrt{0,3199192 \cos^2(\beta^\circ) + \sin^2(\beta^\circ)}}$$

2. Model Sferis

$$\gamma(h, \beta^\circ) = \begin{cases} 529,2084 \left(\frac{3}{2} \left(\frac{h}{a(\beta^\circ)} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a(\beta^\circ)} \right)^3 \right), & 0 \leq h < a(\beta^\circ) \\ 529,2084, & h \geq a(\beta^\circ) \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\text{dengan } a(\beta^\circ) = \frac{0,03247939}{\sqrt{0,694951 \cos^2(\beta^\circ) + \sin^2(\beta^\circ)}}$$

3. Model Pentasferis

$$\gamma(h, \beta^\circ) = \begin{cases} 529,2084 \left(\frac{15}{8} \left(\frac{h}{a(\beta^\circ)} \right) - \frac{5}{4} \left(\frac{h}{a(\beta^\circ)} \right)^3 + \frac{3}{8} \left(\frac{h}{a(\beta^\circ)} \right)^5 \right), & 0 \leq h < a(\beta^\circ) \\ 529,2084, & h \geq a(\beta^\circ) \end{cases} \quad (3.3)$$

$$\text{dengan } a(\beta^\circ) = \frac{0,03882736}{\sqrt{0,6713393 \cos^2(\beta^\circ) + \sin^2(\beta^\circ)}}$$

Ketiga model di atas dievaluasi dengan metode RMSE untuk menentukan model mana yang dapat merepresentasikan data dengan baik. Tabel 3.4 menunjukkan nilai RMSE untuk setiap model di atas. Nilai RMSE yang diberikan model semivariogram eksponensial paling kecil dibandingkan model lainnya. Dengan demikian, model semivariogram eksponensial yang ditunjukkan dengan Persamaan (3.1) adalah model yang dapat merepresentasikan data tingkat kepercayaan titik panas di Kecamatan Matan Hilir Selatan.

Tabel 3.4. RMSE model semivariogram teoritis

	Nilai RMSE
Eksponensial	10610,91
Sferis	10773,62

4. KESIMPULAN

Model semivariogram anisotropik geometrik yang paling cocok merepresentasikan data adalah model eksponensial yang ditunjukkan oleh Persamaan (3.1). Berdasarkan model tersebut, pengaruh spasial paling kuat ada pada arah U-S dengan jarak kritis sekitar $0,02027^\circ$. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh spasial antar titik masih signifikan hingga jarak kritis tersebut. Namun demikian, arah tersebut tidak sepenuhnya sejalan dengan arah angin rata-rata, yaitu tenggara, berdasarkan data dari BMKG. Hal ini menunjukkan bahwa interpretasi arah pengaruh spasial dalam penelitian ini masih bersifat statistik dan belum dapat dikaitkan secara langsung dengan proses meteorologis, sehingga diperlukan kajian lanjutan dengan integrasi variabel meteorologis.

KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan pada penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Budrikaitė, L. & Dučinskas, K., 2005. Modelling of Geometric Anisotropic Spatial Variation. *Proceedings of the 10th International Conference MMA2005&CMAM2*, 361-366.
- [2] Budrikaitė, L., 2005. Modeling of zonal anisotropic variograms. *Lietuvos matematikos rinkinys, 45(spec)*, 339-342.
- [3] Cressie, N.A.C., 1993. *Statistics for Spatial Data*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- [4] Direktorat Pengendalian Kebakaran Hutan Kementerian Kehutanan, 2021. *SIPONGI KEMENHUT*. <https://sipongi.menlhk.go.id/> [Diakses 4 Juni 2021]
- [5] Endrawati, 2016. *Analisis Data Titik Panas (Hotspot) dan Areal Kebakaran Hutan dan Lahan Tahun 2016*. Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan, Ditjen Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta.
- [6] Giglio, 2015. *MODIS Collection 6 Active Fire Product User's Guide Revision A*. Department of Geographical Sciences. University of Maryland.
- [7] Huda, N.M., Debatara, N.N. & Sulistianingsih, E., 2016. Estimasi Confidence Titik Panas pada Kebakaran Hutan Menggunakan Metode Ordinary Kriging. *Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*, Vol. 5, No. 1, 61-68.
- [8] Loren, A., Ruslan, M., Yusran, F.H. & Rianawati, F., 2015. Analisis Faktor Penyebab Kebakaran Hutan dan Lahan serta Upaya Pencegahan yang Dilakukan Masyarakat di Kecamatan Basarang Kabupaten Kapuas Kalimantan Tengah. *EnviroScienteeae*, Vol. 11, No. 1, 1-9.
- [9] Pebesma, E.J., 2014. *Gstat User's Manual*. Department of Physical Geography. Utrecht University.
- [10] Saharjo, B.H. & Hasanah, U., 2023. Analisis Faktor Penyebab Terjadinya Kebakaran Hutan dan Lahan di Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah. *Journal of Tropical Silviculture*, Vol. 14, No. 1, 25-29.
- [11] Sari, K.N., 2020. *Bahan Ajar Geostatistika dan Aplikasinya*. Penerbit ITB. Bandung.
- [12] Sari, K.N., Pasaribu, U.S. & Neswan, O., 2014. The Comparison of Isotropic and Anisotropic Semivariogram Model. *AIP Conf. Proc.*, Vol. 1589, 508-511.
- [13] Sari, K.N., Pasaribu, U.S., Neswan, O. & Permadi, A.K., 2015. Estimation of the Parameters of Isotropic Semivariogram Model through Bootstrap. *Applied Mathematical Sciences*, Vol.9, No. 103, 5123-5137.

- [14] Sari, K.N., Budiman, Y.Y., Pasaribu, U.S. & Sonhaji, A., 2024. Comparison Between Iterative Least Square and Nonparametric Epanechnikov Kernel in Semivariogram Modeling, Case study: Urban Land Cover in East Java Province. *ITM Web Conf.*, Vol. 58, No. 04007, 12.
- [15] Sari, K.N., Utami, A.M., Pratama, I.G.M.H. & Imran, R.S, 2024. Semivariogram Modeling based on Provincial Clusters for Infectious Diseases and Mental Health in Indonesia. *ITM Web Conf.*, Vol. 58, No. 04008, 16.
- [16] Qamariyanti, Y., Usman, R. & Rahmawati, D., 2023. Pencegahan dan Penanggulangan Kebakaran Lahan Gambut dan Hutan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, Vol. 21, 132-142.