

ANALISIS HOTSPOT UNTUK MEMETAKAN AREA KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN DI PULAU KALIMANTAN

Hotspot Analysis for Mapping Forest and Land Fire Areas on The Island of Kalimantan

Noor Jannah^{1)*}, Dewi Sri Susanti¹⁾, Yeni Rahkmawati¹⁾

¹⁾ Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat

*E-mail : noorjannah25RH@gmail.com

Intisari

Menurut BNPB (2023), kebakaran hutan dan lahan adalah suatu keadaan dimana hutan dan lahan dalam suatu wilayah dilanda api yang mengakibatkan kerusakan hutan dan lahan dan menimbulkan kerugian ekonomis terhadap lingkungan. Sepanjang periode Januari hingga Juli 2023, luas kebakaran hutan dan lahan di Pulau Kalimantan sudah mencapai angka tertinggi dibanding Pulau Papua dan Sumatera yakni seluas 23.697,52 ha. Adanya kebakaran hutan di suatu wilayah dapat diketahui menggunakan informasi dari titik panas atau hotspot suatu wilayah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sebaran titik panas dan mendeteksi keterkaitan jumlah titik panas antarwilayah di Pulau Kalimantan sehingga terjadinya kebakaran hutan dan lahan bisa diantisipasi lebih awal. Analisis yang digunakan meliputi analisis Indeks Moran, Local Indicator of Spatial Autocorrelation (LISA), dan Getis-Ord G_i^* untuk menentukan klaster titik panas sebagai identifikasi daerah rawan kebakaran di Pulau Kalimantan dengan dasar kedekatan karakteristik antarlokasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa berdasarkan hasil analisis autokorelasi spasial secara global dengan menggunakan Indeks Moran, diketahui terdapat autokorelasi spasial berdasarkan jumlah titik panas pada 56 kabupaten/kota di Pulau Kalimantan dengan pola sebaran mengelompok (clustered). Hasil analisis pada periode waktu bulan Juli dan Agustus tahun 2023 menunjukkan adanya keterhubungan spasial yang signifikan antarwilayah. Hal ini dimungkinkan karena bulan Juli dan Agustus merupakan puncak musim kemarau. Selain itu, dengan menggunakan autokorelasi spasial LISA dan Getis-Ord G_i^* didapat hasil yang relatif sama dimana daerah rawan kebakaran pada sepanjang musim kemarau 2023 didominasi oleh wilayah Kabupaten/Kota di Provinsi Kalimantan Barat dan Provinsi Kalimantan Timur.

Kata Kunci: Titik Panas, Kebakaran Hutan dan Lahan, Indeks Moran, LISA, Getis-Ord G_i^* .

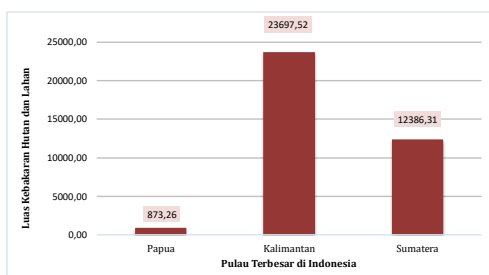
Abstract

According to BNPB (2023), forest and land fires are a situation where forests and land in an area are engulfed by fire which results in forest and land damage and causes economic losses to the environment. During the period January to July 2023, the area of forest and land fires on Kalimantan Island has reached the highest number compared to Papua and Sumatra Islands, which is 23.697,52 ha. The existence of forest fires in an area can be known using information from hotspots or hotspots in an area. This study aims to analyze the distribution of hotspots and detect the relationship between the number of hotspots between regions in Kalimantan Island so that the occurrence of forest and land fires can be anticipated earlier. The analysis used includes Moran Index analysis, Local Indicator of Spatial Autocorrelation (LISA), and Getis-Ord G_i^* to determine hotspot clusters to identify fire-prone areas in Kalimantan Island based on the closeness of characteristics between locations. The results of this study show that based on the results of global spatial autocorrelation analysis using the Moran index, it is known that there is spatial autocorrelation based on the number of hotspots in 56 districts / cities on Kalimantan Island with a clustered distribution pattern. The results of the analysis in the July and August time periods show a significant spatial relationship between regions. This is possible because July and August are the peak of the dry season. In addition, by using the spatial autocorrelation of LISA and Getis-Ord G_i^* , relatively similar results were obtained where fire-prone areas during the 2023 dry season were dominated by regencies/cities in West Kalimantan and East Kalimantan provinces.

Keywords : Hotspots, Forest and Land Fires, Moran Index, LISA, Getis-Ord G_i^* .

1. PENDAHULUAN

Menurut BNPB (2023), kebakaran hutan dan lahan adalah suatu keadaan dimana hutan dan lahan dalam suatu wilayah dilanda api yang mengakibatkan kerusakan hutan dan lahan dan menimbulkan kerugian ekonomis terhadap lingkungan. Kebakaran hutan dan lahan seringkali menyebabkan polusi atau kabut asap yang dapat mengganggu aktivitas dan kesehatan masyarakat sekitar. Berdasarkan data yang diperoleh dari situs resmi Direktorat Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan, disajikan grafik luas kebakaran hutan dan lahan yang terjadi di tiga pulau terluas di Indonesia dalam periode waktu Januari hingga Juli tahun 2023 sebagai berikut:



Gambar 1. Luas Kebakaran Hutan dan Lahan Januari-Juli Tahun 2023 (ha) (<https://sipongi.menlhk.go.id>)

Pada gambar di atas terlihat bahwa sepanjang periode Januari hingga Juli 2023, luas kebakaran hutan dan lahan di Pulau Kalimantan sudah mencapai angka tertinggi dibanding Pulau Papua dan Sumatera yakni seluas 23.697,52 ha.

Adanya kebakaran hutan di suatu wilayah dapat diketahui menggunakan informasi dari titik panas atau hotspot suatu wilayah. Secara sederhana, titik panas adalah indikator kebakaran hutan atau lahan yang terdeteksi dari suatu lokasi dengan suhu relatif tinggi dibandingkan dengan suhu di sekitarnya.

Untuk melakukan analisis terhadap sebaran titik panas, digunakan metode autokorelasi spasial yang berguna untuk mengetahui pola hubungan antar lokasi. Ukuran autokorelasi spasial dapat ditentukan melalui Indeks Moran (Moran's I) ataupun secara lokal yang dapat ditentukan menggunakan metode LISA (*Local Indicator of Spatial Association*) ataupun Getis-Ord G_i^* . Melalui pemanfaatan analisis spasial tersebut, dapat ditentukan kluster titik panas untuk mengetahui daerah rawan kebakaran di Pulau Kalimantan dengan dasar kedekatan karakteristik antarlokasi.

Analisis titik panas dengan menggunakan metode Getis-Ord G_i^* dan Indeks Moran pernah dilakukan pada tahun 2020 melalui jurnal yang berjudul Analisis Pola Spasial Kebakaran Lahan di Kabupaten Pulang Pisau Tahun 2001-2019 (Papilaya, 2020). Kesimpulan dari penelitian tersebut menjelaskan bahwa konsentrasi titik api tertinggi terjadi tahun 2015 terjadi pada

Kecamatan Sebangau Kuala, Kahayan Kuala, Kahayan Hilir dan Jabiren. Konsentrasi tinggi ini dibuktikan dengan kluster titik api yang memiliki nilai z -score lebih besar dari 2,58 dan p -value lebih kecil dari 0,01.

Selain itu, terdapat pula penelitian tahun 2023 yang berjudul *Assessments of Dental Caries Spatial Pattern in Ciamis District Using Lisa Spatial Autocorrelation Analysis* (Wibowo, 2023). Analisis ini menggunakan data jumlah kasus karies gigi pada 27 Kecamatan di Kabupaten Ciamis menggunakan metode Indeks Moran, Getis Ord- G_i^* dan LISA. Kesimpulan yang dihasilkan menjelaskan bahwa terdapat autokorelasi spasial dan pengelompokan berdasarkan klasifikasi. LISA yang termasuk dalam kelas HH (*High-High*) mencakup 2 kecamatan. Hal ini berarti bahwa di 2 kecamatan tersebut, jumlah karies gigi diketahui merupakan yang tertinggi, bersifat mengelompok (kluster), dan memiliki autokorelasi spasial dibandingkan dengan kecamatan lainnya.

Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini akan dilakukan penelitian mengenai tingkat rawan kebakaran di seluruh Pulau Kalimantan menggunakan analisis keterkaitan antar lokasi menggunakan metode spasial. Data yang digunakan merupakan data jumlah titik panas yang tersebar di seluruh Pulau Kalimantan.

Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan keterhubungan pola sebaran titik panas antar wilayah di Pulau Kalimantan menggunakan Indeks Moran's I serta menentukan signifikansi ukuran keterhubungan data titik panas antar wilayah di Pulau Kalimantan menggunakan metode LISA dan statistik Getis-Ord G_i^* disertai dengan peta tematik. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai keterkaitan sebaran titik panas di Pulau Kalimantan sehingga kebakaran hutan dan lahan dapat diantisipasi oleh pihak berwenang.

2. METODE

2.1. Wilayah Studi

Lokasi penelitian dilakukan pada Pulau Kalimantan. Secara geografis, Kalimantan terletak antara 0°45' Lintang Utara, 3°30' Lintang Selatan dan 111°–116° Bujur Timur. Terdapat tiga dari lima provinsi di Pulau Kalimantan yang menjadi area dengan tingkat kebakaran hutan dan lahan tinggi sehingga menjadi perhatian pemerintah pusat. Tiga provinsi tersebut yakni Kalimantan Selatan, Kalimantan Barat, dan Kalimantan Tengah.

2.2. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh melalui situs resmi Direktorat Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan (<https://sipongi.menlhk.go.id>). Data tersebut diperoleh melalui satelit bernama

NASA-NOAA2. Data yang digunakan merupakan data bulanan jumlah titik panas dari 56 kabupaten/kota di Pulau Kalimantan dalam periode waktu bulan Januari hingga Agustus 2023. Selain itu, digunakan juga data *longitude* dan *latitude* dari setiap kabupaten/kota dengan format DD (*Decimal Degree*) yang diunduh melalui [link https://datahub.io/JemputData/location_id](https://datahub.io/JemputData/location_id).

Pemilihan periode Januari hingga Agustus didasarkan pada siklus klimatologi wilayah Kalimantan. Periode tersebut mencakup fase awal hingga puncak musim kemarau yang secara historis memiliki korelasi tinggi terhadap peningkatan titik panas (*hotspot*) akibat penurunan curah hujan. Tidak hanya itu, pemilihan periode analisis Januari hingga Agustus 2023 dimaksudkan untuk memberikan deteksi dini dalam pencegahan kebakaran hutan.

2.3. Analisis Data Spasial

Analisis data spasial dapat diartikan sebagai teknik-teknik yang digunakan untuk meneliti dan mengeksplorasi data berdasarkan perspektif kewilayahan. Data spasial adalah data yang mengandung informasi dari lokasi suatu wilayah. Menurut Banerjee (2004) dalam Yunitasari (2019), "Data spasial adalah data yang memuat informasi "lokasi", jadi tidak hanya "apa" yang diukur tetapi menunjukkan lokasi dimana data itu berada". Data spasial biasanya berupa informasi mengenai lokasi geografis dari masing-masing wilayah amatan.

Analisis spasial terdiri atas tiga kelompok, yaitu visualisasi, eksplorasi, dan pemodelan. Visualisasi adalah menginformasikan hasil analisis spasial. Eksplorasi adalah mengolah data spasial dengan metode statistika. Sedangkan pemodelan adalah menunjukkan adanya konsep hubungan sebab akibat dengan menggunakan metode dari sumber data spasial dan data nonspasial untuk memprediksi adanya pola spasial (Handayani *et al.*, 2020).

2.4. Matriks Pembobot Spasial

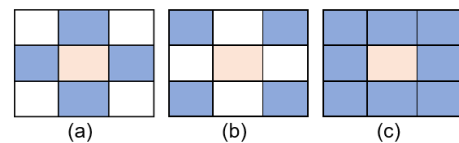
Matriks pembobot spasial atau biasa dilambangkan dengan W merupakan matriks yang menggambarkan hubungan kedekatan antar lokasi pengamatan. Bentuk umum matriks pembobot spasial ditunjukkan oleh persamaan di bawah ini.

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & \dots & w_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{n1} & \dots & w_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Terdapat beberapa cara yang digunakan untuk mendefinisikan bobot spasial yakni menggunakan konsep ketetanggaan dan jarak. (Fitriani & Efendi, 2019 dalam Nada, 2022). Untuk membentuk ketetanggaan dari suatu lokasi, dapat dibentuk matriks kontiguitas spasial C yang

merupakan matriks biner berukuran $n \times n$ dengan elemen 0 jika lokasi i dan j tidak bertetangga dan 1 jika lokasi i dan j bertetangga. Dalam menentukan ketetanggaan antar lokasi, terdapat beberapa cara yakni:

- Rook Contiguity*, cara ini mengelompokkan daerah yang bertetangga berdasarkan sisi yang saling bersinggungan.
- Bishop Contiguity*, cara ini mengelompokkan daerah yang bertetangga berdasarkan sudut yang saling bersinggungan.
- Queen Contiguity*, cara ini mengelompokkan daerah yang bertetangga berdasarkan sisi dan sudut yang saling bersinggungan.



Gambar 2. Ilustrasi Jenis Ketetanggaan (a) Rook Contiguity (b) Bishop Contiguity (c) Queen Contiguity

Dalam penelitian ini akan digunakan matriks pembobot ketetanggaan tipe *Queen Contiguity* untuk bisa melihat ketetanggaan antar wilayah secara lebih menyeluruh.

Selain itu, terdapat pula matriks pembobot jarak yang digunakan dalam penelitian ini. Dengan melakukan perubahan bentuk latitude dan longitude ke dalam satuan jarak, dapat ditentukan jarak di antara lokasi i dan lokasi j menggunakan jarak euclidian seperti pada persamaan 2.

$$d_{ij} = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2} \quad (2)$$

Dengan d_{ij} merupakan jarak Euclidian antar lokasi, x_j merupakan nilai latitude pada lokasi ke- j , x_i merupakan nilai latitude pada lokasi ke- i dalam satuan kilometer, y_j merupakan nilai longitude pada lokasi ke- j , dan y_i merupakan nilai longitude pada lokasi ke- i dalam satuan kilometer

Kemudian perlu dilakukan penentuan nilai *bandwidth* untuk titik pengamatan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk penentuan nilai ini adalah Metode Adaptive Kernel. Menurut Charlton dan Fotheringham (2009) dalam Amaliasari (2015) penggunaan Metode Adaptive Kernel memungkinkan untuk mendapatkan nilai *bandwidth* yang berbeda-beda untuk semua titik pengamatan dikarenakan metode ini mampu menyesuaikan dengan kondisi titik pengamatan. Ada beberapa macam fungsi Adaptive Kernel yang dapat digunakan sebagai pembobot yakni:

- Adaptive Gaussian Kernel
Fungsi ini dapat dirumuskan dengan formula sebagai berikut:

$$w_{ij} = \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{d_{ij}}{b_i} \right)^2 \right] \quad (3)$$

Dengan w_{ij} merupakan matriks pembobot pada lokasi ke- i dan j , d_{ij} merupakan jarak Euclidian, dan b_i merupakan bandwidth pada lokasi pengamatan ke- i .

b. Adaptive Bisquare Kernel

Fungsi ini dirumuskan dengan formula seperti pada persamaan 4 di bawah ini.

$$w_{ij} = \begin{cases} \left[1 - \left(\frac{d_{ij}}{b_i} \right)^2 \right]^2, & \text{jika } d_{ij} < b_i \\ 0, & \text{jika } d_{ij} \geq b_i \end{cases} \quad (4)$$

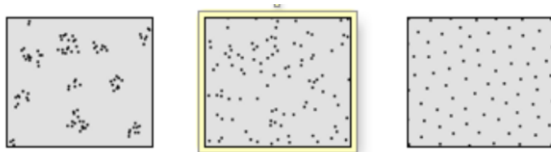
Dengan w_{ij} merupakan matriks pembobot pada lokasi ke- i dan j , d_{ij} merupakan jarak Euclidian, dan b_i merupakan bandwidth pada lokasi pengamatan ke- i .

2.5. Pola Sebaran Titik Spasial

Analisis pola sebaran spasial adalah metode untuk mengetahui apakah penyebaran suatu kasus pada satu wilayah tertentu menyebar secara acak (*random*), berkelompok (*cluster*) atau menyebar (*dispersed*) (Ludwig & Reynolds, 1998). Pola sebaran spasial menjelaskan tentang bagaimana fenomena geografis tersebar dan bagaimana perbandingannya dengan fenomena lainnya (Syahid, 2019). Terdapat beberapa bentuk distribusi data pada pola sebaran spasial, yakni:

- a. *Random*, yaitu area yang terletak secara random di beberapa lokasi. Posisi suatu area tidak dipengaruhi oleh posisi area lainnya.
- b. *Dispersed*, yaitu area yang berada secara merata dan berjauhan dengan area-area lainnya.
- c. *Clustered*, yaitu area yang membentuk suatu kelompok dan saling berdekatan.

Ilustrasi mengenai bentuk pola sebaran *random*, *cluster*, dan *dispersed* dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Ilustrasi Pola Sebaran Spasial

2.6. Autokorelasi Spasial

Autokorelasi spasial merupakan metode dari analisis spasial untuk menentukan korelasi atau pola hubungan antar lokasi yang diamati. Autokorelasi terjadi saat variabel atribut dari dataset spasial, berkorelasi dengan atributnya sendiri pada jarak tertentu yang disebut dengan *lag* (Riznawati et al., 2021). Autokorelasi spasial dapat diartikan sebagai korelasi antara variabel dengan dirinya sendiri berdasarkan ruang (jarak, waktu, dan wilayah). Terdapat autokorelasi spasial berbasis global dan autokorelasi spasial

berbasis lokal. Autokorelasi spasial berbasis global dapat dilakukan dengan menggunakan Indeks Moran. Indeks Moran merupakan sebuah uji statistik yang digunakan untuk melihat nilai autokorelasi spasial antar daerah pengamatan. Nilai Indeks Moran berada di antara $-1 < I < 1$. Nilai Indeks Moran dapat digunakan untuk menentukan karakteristik dari pola spasial secara umum yaitu bergerombol (*clustered*), *random*, dan menyebar (*dispersed*).

Formula yang digunakan adalah sebagai berikut (Lee dan Wong 2001, dalam Romadhoni, 2023):

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

Sementara itu, untuk menentukan statistika uji dari Indeks Moran digunakan ketentuan hipotesis sebagai berikut:

Hipotesis:

$H_0: I = 0$ (tidak terdapat autokorelasi antar wilayah)

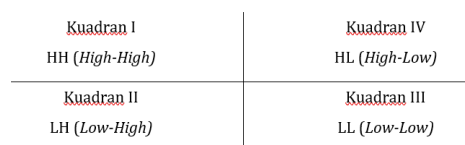
$H_1: I \neq 0$ (terdapat autokorelasi antar wilayah)

Dengan statistik uji:

$$Z(I) = \frac{I - E(I)}{\sqrt{Var(I)}} \quad (6)$$

Kriteria pengambilan keputusan tolak H_0 jika $|Z(I)| > Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ atau $p - value < \alpha(0.05)$ sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat autokorelasi spasial.

Pada analisis moran terdapat juga *Moran's Scatterplot*. Lee and Wong (2001) dalam Fawwaz (2016), menyebutkan bahwa *Moran's Scatterplot* merupakan salah satu cara untuk menginterpretasikan Indeks Moran. *Moran's Scatterplot* merupakan alat untuk melihat hubungan antara nilai pengamatan yang sudah terstandarisasi dengan nilai rata-rata daerah tetangga yang sudah terstandarisasi yang dihitung dari matriks pembobot spasial. Tipe kuadran dalam *Moran's Scatterplot* disajikan pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. Moran's Scatterplot

Keempat kuadran tersebut memiliki penjabaran sebagai berikut:

1. Kuadran I (*High-High*), yakni wilayah dengan kasus yang tinggi dan dikelilingi daerah dengan nilai yang tinggi pula (*hotspot*).
2. Kuadran II (*Low-High*), yakni wilayah dengan kasus yang rendah dan dikelilingi daerah dengan nilai yang tinggi (*coldspot*).

3. Kuadran III (*Low-Low*), yakni wilayah dengan kasus yang rendah dan dikelilingi daerah dengan nilai yang rendah pula (*coldspot*).
4. Kuadran IV (*High-Low*), yakni wilayah dengan kasus yang tinggi dan dikelilingi daerah dengan kasus yang rendah (*hotspot*).

Sementara itu, autokorelasi spasial berbasis lokal dapat dilakukan dengan menggunakan *Local Indicator of Spatial Association* (LISA). LISA adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi autokorelasi secara lokal atau korelasi spasial pada setiap wilayah. Menurut Lee dan D. W. S (2011) dalam Asmarani, (2018), semakin tinggi nilai lokal maka artinya wilayah yang berdekatan memiliki nilai yang hampir sama atau membentuk suatu penyebaran yang mengelompok. Formula untuk melakukan pengujian dengan LISA disajikan dalam persamaan sebagai berikut:

$$I_i = \frac{z_i}{m_2} \sum_{j=1}^n w_{ij} z_j \quad (7)$$

Dengan $z_i = (x_i - \bar{x})$, $z_j = (x_j - \bar{x})$, dan $m_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$

Sementara itu, digunakan ketentuan hipotesis sebagai berikut:

Hipotesis:

$H_0: I_i = 0$ (tidak terdapat autokorelasi pada lokasi ke-i)

$H_1: I_i \neq 0$ (terdapat autokorelasi pada lokasi ke-i)

Dengan statistik uji:

$$Z(I_i) = \frac{I_i - E(I_i)}{\sqrt{Var(I_i)}} \quad (8)$$

Kriteria pengambilan keputusan tolak H_0 jika $|Z(I_i)| > Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ atau $p - value < \alpha(0.05)$ sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat autokorelasi spasial pada lokasi ke-i.

Terdapat pula metode autokorelasi spasial berbasis lokal lain yakni Statistik Getis-Ord G_i^* . Dengan menggunakan statistik Getis-Ord G_i^* , analisis ini mampu mengidentifikasi titik-titik *hotspot* maupun *cold spot*. Statistik Getis-Ord G_i^* sudah mewakili statistik autokorelasi spasial global sehingga lebih cocok digunakan untuk mengetahui kelompok-kelompok dengan konsentrasi tinggi (*hotspot*) atau rendah (*coldspot*) dari data spasial yang diamati. Menurut Songchitruska & Zeng (2010) bentuk persamaan Uji Statistik Getis-Ord G_i^* didefinisikan sebagai berikut:

$$Z(G_i^*) = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{x} \sum_{j=1}^n w_{ij}^2}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2}{n-1}}} \quad (9)$$

Dengan $\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n-1}$ dan $S = \sqrt{\frac{n^2 \sum_{j=1}^n x_j^2 - (\sum_{j=1}^n x_j)^2}{n^2}}$

Berikut merupakan kriteria untuk menentukan *hottest area* atau *coldest area* berdasarkan nilai *Z-Score*:

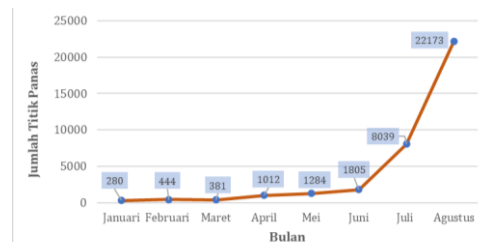
Tabel 1. Kriteria Pengambilan Keputusan Getis-Ord G_i^*

Kelas <i>Hotspot</i>	Selang Kepercayaan	<i>p-value</i>	Nilai $Z(G_i^*)$
<i>Cold-spot</i> 99 (Level-3)	99%	< 0,01	< -2,58
<i>Cold-spot</i> 95 (Level-2)	95%	< 0,05	< -1,96
<i>Cold-spot</i> 90 (Level-1)	90%	< 0,10	< -1,65
<i>Other areas</i>	<i>Tidak Signifikan</i>	0	$-1,65 < Z(G_i^*) < 1,65$
<i>Hot-spot</i> 90 (Level-1)	90%	< 0,10	> 1,65
<i>Hot-spot</i> 95 (Level-2)	95%	< 0,05	> 1,96
<i>Hot-spot</i> 99 (Level-3)	99%	< 0,01	> 2,58

Sumber: Guerri et al., (2021)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

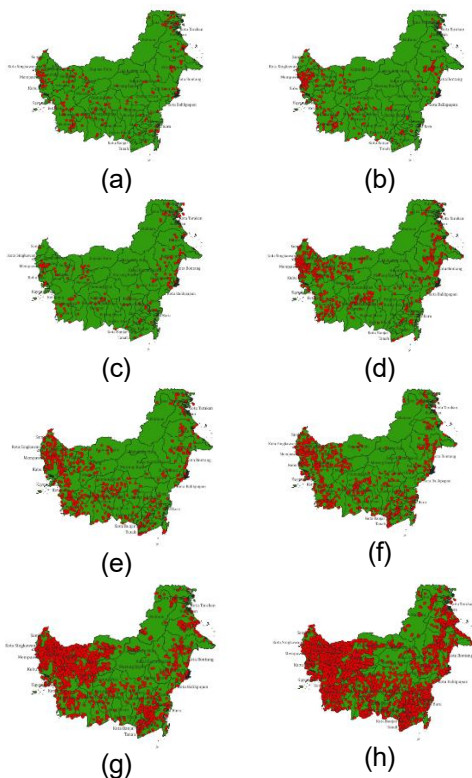
Dalam hal ini disajikan grafik mengenai data titik panas yang ada di Pulau Kalimantan sejak bulan Januari hingga Agustus 2023. Melalui grafik, terlihat bahwa terjadi fluktuasi jumlah titik panas yang rendah sejak bulan Januari hingga Juni. Namun, pada bulan berikutnya yakni Juli dan Agustus terjadi peningkatan yang tajam pada jumlah titik panas.



Gambar 5. Jumlah Titik Panas di Pulau Kalimantan Bulan Januari - Agustus 2023

Pada Gambar 5 terlihat bahwa di awal tahun jumlah titik panas yang ada masih cenderung sedikit, dimana pada bulan Januari dan Februari berturut-turut hanya terdapat 280 dan 444 titik panas. Jumlah titik panas ini sempat mengalami penurunan pada bulan Maret 2023 menjadi 381 titik panas. Jumlah titik panas kembali mengalami kenaikan di bulan April sehingga jumlahnya menjadi 1.012 titik panas. Pada bulan Mei terdapat 1.284 titik panas dan pada bulan Juni dan Juli berturut-turut terdapat 1.805 dan 8.039 titik panas. Penambahan jumlah titik panas yang paling tinggi terjadi di bulan Agustus 2023 yakni sebanyak 14.134 titik panas sehingga jumlah titik panas di bulan Agustus menjadi 22.173 titik panas.

Sebaran titik panas di Pulau Kalimantan dalam periode waktu bulan Januari hingga Agustus Tahun 2023 divisualisasikan dalam peta tematik yang disajikan per bulan.



Gambar 6. Peta Sebaran Titik Panas di Pulau Kalimantan Pada Bulan (a) Januari (b) Februari (c) Maret (d) April (e) Mei (f) Juni (g) Juli (h) Agustus

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa di bulan Januari, Februari, dan Maret titik panas yang tersebar masih cenderung sedikit. Pada bulan April atau menjelang musim kemarau, jumlah titik panas mulai mengalami peningkatan. Memasuki bulan Mei dan Juni sebaran titik panas di wilayah Pulau Kalimantan terus bertambah. Memasuki bulan Juli, titik panas ini terlihat mengelompok di beberapa titik di Pulau Kalimantan. Pada bulan Agustus, terlihat titik panas menyebar hampir di seluruh wilayah Pulau Kalimantan. Sejak bulan Januari hingga Agustus, Kalimantan Barat selalu menjadi provinsi dengan jumlah titik panas tertinggi dibanding provinsi-provinsi lainnya. Sementara itu, provinsi dengan jumlah titik panas terendah adalah Kalimantan Utara.

Sebelum melakukan pengujian autokorelasi spasial, dilakukan terlebih dahulu penentuan matriks pembobot. Matriks pembobot

jarak dibuat dengan langkah awal menggunakan jarak Euclidian untuk menghitung jarak antarwilayah pengamatan. Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan formula jarak Euclidian pada Persamaan 2. Setelah didapat jarak, dilakukan penentuan matriks pembobot jarak untuk kemudian dibawa ke dalam analisis yang digunakan. Matriks pembobot jarak ini dibuat secara komputasi dengan menggunakan bantuan aplikasi.

Selain itu, untuk matriks pembobot ketetanggaan digunakan matriks pembobot ketetanggaan tipe *queen contiguity* yang memperhatikan ketetanggaan pada suatu wilayah berdasarkan sisi dan sudutnya. Gambar 7 merupakan peta Pulau Kalimantan menunjukkan hubungan ketetanggaan antar kabupaten/kota di Pulau Kalimantan.



Gambar 7. Peta Hubungan Ketetanggaan di Pulau Kalimantan

Autokorelasi Spasial dengan Indeks Moran

Analisis autokorelasi spasial dilakukan dengan menggunakan Indeks Moran untuk mengetahui autokorelasi spasial secara global. Pengujian Indeks Moran yang dilakukan memiliki hasil yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, dengan tingkat signifikansi atau α sebesar 0,05 pada bulan Juli dan sepanjang musim kemarau didapat nilai $p\text{-value} < \alpha = 0,05$ sehingga H_0 ditolak yang artinya pada bulan Juli dan sepanjang musim kemarau terdeteksi adanya autokorelasi spasial..

Dengan menggunakan matriks pembobot ketetanggaan, untuk tingkat signifikansi atau α sebesar 0,05 diketahui bahwa pada bulan Mei dan bulan Juli, Agustus, dan sepanjang musim kemarau diperoleh $p\text{-value}$ yang sama yakni sebesar $0,000 < \alpha = 0,05$ sehingga H_0 ditolak dan dapat disimpulkan bahwa terdapat autokorelasi spasial antar daerah di Pulau Kalimantan pada bulan Mei dan bulan Juli, Agustus, dan sepanjang musim kemarau 2023.

Tabel 2. Hasil Analisis Indeks Moran

Periode	Matriks Pembobot jarak				Matriks Pembobot Ketetanggaan			
	I	Z-Score	P-value	Kesimpulan	I	Z-Score	P-Value	Kesimpulan
Mei	0,023	0,703	0,481	Tidak signifikan	0,011	0,368	0,712	Tidak signifikan
Juni	0,028	0,774	0,438	Tidak signifikan	0,053	0,874	0,381	Tidak signifikan
Juli	0,254	4,815	0,000**	Signifikan	0,521	7,156	0,000**	Signifikan
Agustus	0,085	1,754	0,079	Tidak signifikan	0,474	6,242	0,000**	Signifikan
Mei-Agustus	0,137	2,623	0,008**	Signifikan	0,502	6,552	0,000**	Signifikan

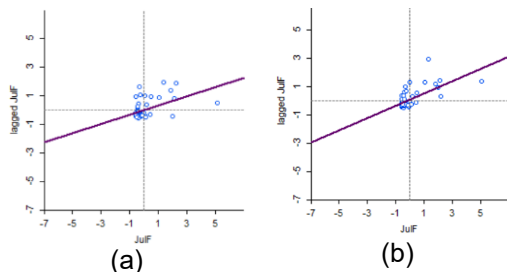
Ket:
 *: Signifikan pada tingkat kepercayaan 90%
 **: Signifikan pada tingkat kepercayaan 95%
 ***: Signifikan pada tingkat kepercayaan 99%

Berikutnya akan digunakan nilai $E(I)$ untuk melihat pola sebaran antar wilayah pada periode-periode waktu yang signifikan memiliki keterhubungan spasial. Perhitungan nilai $E(I)$ dapat dilihat pada persamaan 10 di bawah ini.

$$E(I) = -\frac{1}{n-1} = -\frac{1}{56-1} = -0,018 \quad (10)$$

Dengan menggunakan matriks pembobot jarak dan matriks pembobot ketetanggaan, didapat bahwa semua nilai $I > E(I)$. sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadi autokorelasi spasial positif dan daerah-daerah amatan memiliki pola sebaran mengelompok (*clustered*).

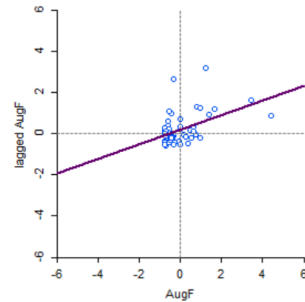
Selain itu, terdapat juga *Moran's scatterplot* dari hasil analisis yang dilakukan. Dengan menggunakan matriks pembobot jarak, didapat hasil *moran's scatterplot* bagi periode waktu yang signifikan sebagai berikut:



Gambar 8. Moran's Scatterplot Pada Bulan Juli Tahun 2023 (a) Dengan Matriks Pembobot Jarak (b) Dengan Matriks Pembobot Ketetanggaan

Melalui *Moran's scatterplot* tersebut, pada bulan Juli terdapat 13 wilayah yang signifikan merupakan daerah *hotspot*. Selain itu, dengan menggunakan matriks pembobot ketetanggaan terdapat 12 wilayah yang signifikan merupakan *hotspot*. Daerah-daerah *hotspot* ini didominasi oleh kabupaten/kota yang berada di Provinsi Kalimantan Barat.

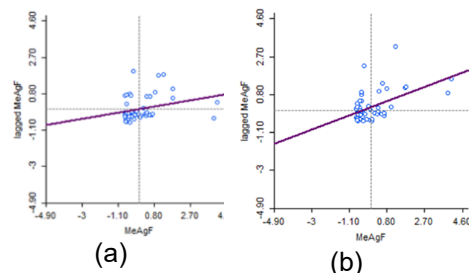
Berikutnya, disajikan pula *Moran's Scatterplot* pada bulan Agustus 2023. Pada hasil analisis, bulan Agustus hanya terdeteksi signifikan pada matriks pembobot ketetanggaan sehingga yang akan disajikan hanya *Moran's Scatterplot* dengan matriks pembobot ketetanggaan.



Gambar 9. Moran's Scatterplot Bulan Agustus dengan Matriks Pembobot Ketetanggaan

Berdasarkan hasil, terdapat 16 wilayah yang signifikan merupakan *hotspot*. Daerah-daerah *hotspot* ini didominasi oleh kabupaten/kota yang berada di Provinsi Kalimantan Barat dan Kalimantan Selatan.

Berikutnya, disajikan pula *Moran's Scatterplot* sepanjang musim kemarau 2023. *Moran's Scatterplot* tersebut dapat dilihat pada Gambar 10 berikut.



Gambar 10. Moran's Scatterplot Pada Musim Kemarau 2023 (a) Dengan Matriks Pembobot Jarak (b) Dengan Matriks Pembobot Ketetanggaan

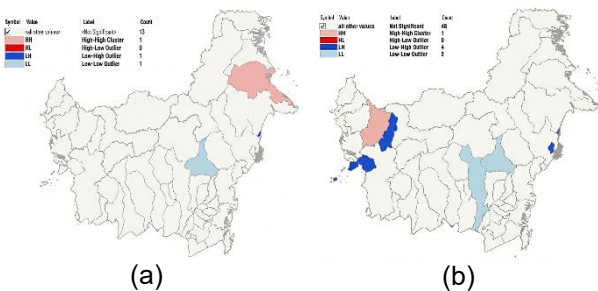
Dengan menggunakan matriks pembobot jarak, di sepanjang musim kemarau terdapat 16 wilayah yang signifikan merupakan daerah *hotspot*. Selain itu, dengan menggunakan matriks pembobot ketetanggaan terdapat 19 wilayah yang signifikan merupakan *hotspot*. Daerah-daerah *hotspot* ini didominasi oleh kabupaten/kota yang berada di Provinsi Kalimantan Barat, Kalimantan Timur, dan Kalimantan Selatan.

Autokorelasi Spasial dengan LISA

Autokorelasi spasial dengan LISA akan

membagi wilayah-wilayah ke dalam beberapa kategori yang sama seperti *moran's scatterplot*. Kriteria pengambilan keputusan yang digunakan untuk LISA adalah jika nilai $|Z(I_i)| > Z_{\frac{\alpha}{2}}$ atau $p - value < \alpha(0,05)$ maka H_0 ditolak yang artinya terindikasi adanya autokorelasi spasial atau keterhubungan antarwilayah pada wilayah ke- i . Wilayah yang dihasilkan akan terdiri dari wilayah *hotspot* (rawan kebakaran) yang disimbolkan dengan warna merah serta merah muda pada peta, dan wilayah *coldspot* (cenderung aman dari kebakaran) yang disimbolkan dengan warna biru tua dan biru muda.

Dilakukan analisis autokorelasi spasial berbasis LISA pada bulan Mei terlebih dahulu dengan menggunakan matriks pembobot jarak dan matriks pembobot ketetanggaan dan didapat peta tematik berupa *cluster map* sebagai berikut:

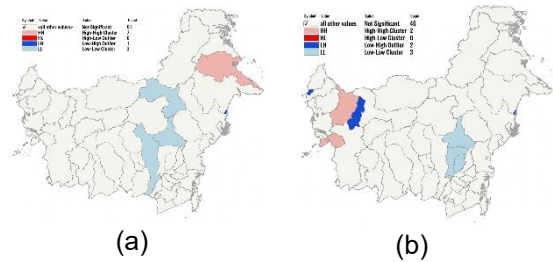


Gambar 11. Cluster Map LISA Bulan Mei Dengan (a) Matrik Pembobot Jarak (b) Matriks Pembobot Ketetanggaan

Melalui *cluster map* LISA dapat diketahui bahwa dengan matriks pembobot jarak terdapat 3 wilayah yang signifikan memiliki keterhubungan spasial dalam kasus titik panas di bulan Mei. Diketahui terdapat 2 daerah yang signifikan merupakan *coldspot*. Terdapat pula 1 daerah yakni Kabupaten Berau yang teridentifikasi merupakan *hotspot* dan juga dikelilingi oleh daerah lain dengan sebaran titik panas yang tinggi.

Selain itu, dengan menggunakan matriks pembobot ketetanggaan diketahui terdapat 7 wilayah yang signifikan memiliki keterhubungan spasial dalam kasus titik panas di bulan Mei ini. Berdasarkan hasil, terdapat 1 daerah *hotspot* dan 6 daerah *coldspot*. Daerah *coldspot* terbagi menjadi 2 daerah di Kalimantan Barat, 2 daerah di Kalimantan Tengah, dan 2 daerah di Kalimantan Timur.

Dilakukan pula analisis autokorelasi spasial berbasis LISA pada bulan Juni dengan menggunakan matriks pembobot jarak dan matriks pembobot ketetanggaan dan didapat peta tematik berupa *cluster map* sebagai berikut:

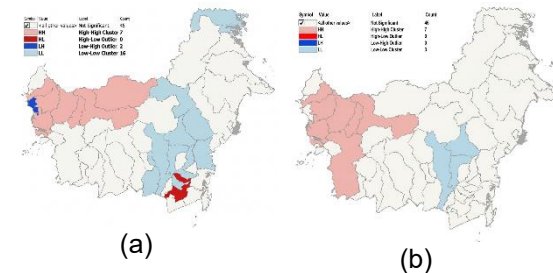


Gambar 12. Cluster Map LISA Bulan Juni Dengan (a) Matrik Pembobot Jarak (b) Matriks Pembobot Ketetanggaan

Melalui *cluster map* dapat diketahui bahwa dengan matriks pembobot jarak terdapat 5 wilayah yang signifikan memiliki keterhubungan spasial dalam kasus titik panas di bulan Juni. Pada bulan ini, terdapat satu daerah *hotspot* yang terletak di Kalimantan Timur. Sementara itu, terdapat masing-masing 2 daerah *coldspot* yang terletak di Kalimantan Tengah dan Kalimantan Timur.

Kemudian, dengan menggunakan matriks pembobot ketetanggaan terdapat 8 wilayah yang signifikan memiliki keterhubungan spasial dalam kasus titik panas pada bulan Juni. Pada periode ini, terdapat 2 wilayah *hotspot* di Kalimantan Barat. Selain itu, terdapat 6 daerah *coldspot* yang tersebar di Kalimantan Barat, Kalimantan Timur, dan Kalimantan tengah.

Dilakukan analisis autokorelasi spasial berbasis LISA pada bulan Juli menggunakan matriks pembobot jarak dan matriks pembobot ketetanggaan dan didapat peta tematik berupa *cluster map* sebagai berikut:



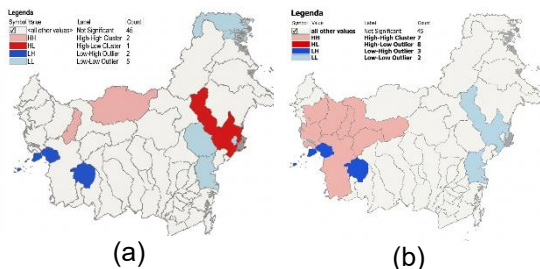
Gambar 13. Cluster Map LISA Bulan Juli Dengan (a) Matrik Pembobot Jarak (b) Matriks Pembobot Ketetanggaan

Melalui *cluster map* di atas, dengan menggunakan matriks pembobot jarak dapat diketahui bahwa terdapat 25 wilayah yang signifikan secara statistik memiliki keterhubungan spasial dalam kasus titik panas di bulan Juli. Pada bulan Juli, terdapat 9 daerah yang signifikan secara statistik merupakan daerah *hotspot*. Diantara 9 daerah tersebut, 7 di antaranya terletak di Kalimantan Barat, sementara 2 daerah *hotspot* lainnya terletak di Kalimantan Selatan.

Selain itu, terdapat pula 16 daerah lainnya yang signifikan secara statistik merupakan daerah *coldspot*. Daerah tersebut tersebar di Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah, Kalimantan Timur dan Kalimantan Utara.

Kemudian, dengan menggunakan matriks pembobot ketetangaan terdapat 10 wilayah yang signifikan memiliki keterhubungan spasial dalam kasus titik panas di bulan Juli. Berdasarkan hasil, diketahui bahwa terdapat 7 daerah yang signifikan merupakan *hotspot* yang terletak di Provinsi Kalimantan Barat. Selain itu, terdapat 3 daerah *coldspot* yang terletak di Kalimantan Tengah.

Dilakukan analisis autokorelasi spasial berbasis LISA pada bulan Agustus dengan menggunakan matriks pembobot jarak dan matriks pembobot ketetangaan dan didapat peta tematik berupa *cluster map* sebagai berikut:

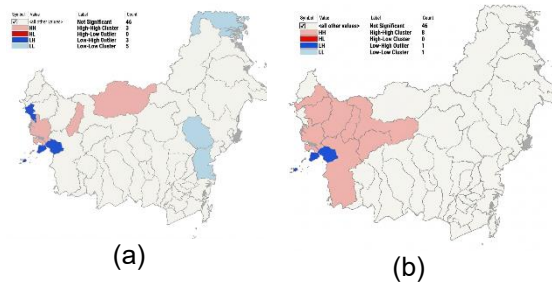


Gambar 14. Cluster Map LISA Bulan Agustus Dengan (a) Matrik Pembobot Jarak (b) Matriks Pembobot Ketetangaan

Mengacu pada *cluster map* dapat diketahui dengan menggunakan matriks pembobot jarak terdapat 11 wilayah yang signifikan memiliki keterhubungan spasial dalam kasus titik panas di bulan Agustus. Melalui hasil analisis, didapat 3 daerah *hotspot* yang terletak di Kalimantan Barat dan Kalimantan Timur. Terdapat juga 8 daerah yang signifikan secara statistik merupakan *coldspot*. Daerah-daerah ini tersebar di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Timur dan Kalimantan Utara.

Kemudian, dengan menggunakan matriks pembobot ketetangaan didapat 11 wilayah yang signifikan memiliki keterhubungan spasial dalam kasus titik panas di bulan Agustus. Berdasarkan hasil analisis, terdapat 7 daerah *hotspot* di Kalimantan Barat yang merupakan daerah rawan terhadap kebakaran. Selain itu, terdapat 4 daerah *coldspot* yang terletak di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Timur.

Dilakukan analisis autokorelasi spasial berbasis LISA dengan kumulatif data titik panas pada bulan Mei hingga Agustus dengan menggunakan matriks pembobot jarak dan matriks pembobot ketetangaan dan didapat peta tematik berupa *cluster map* sebagai berikut:



Gambar 15. Cluster Map LISA Bulan Mei-Agustus Dengan (a) Matrik Pembobot Jarak (b) Matriks Pembobot Ketetangaan

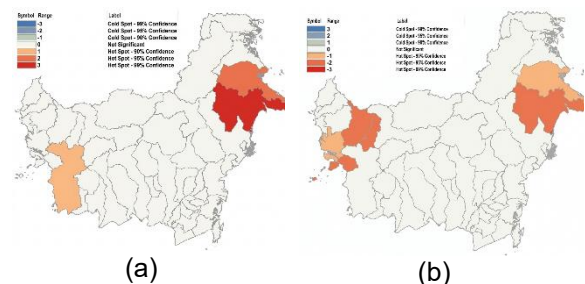
Berdasarkan *cluster map* di atas dengan matriks pembobot jarak terdapat 11 wilayah yang signifikan memiliki keterhubungan spasial dalam kasus titik panas menggunakan kumulatif data titik panas dari bulan Mei hingga Agustus. Terdapat 3 daerah *hotspot* yang terletak di Kalimantan Barat dan 8 daerah *coldspot* yang terletak di Kalimantan Barat, Kalimantan Timur, dan Kalimantan Utara.

Kemudian, dengan menggunakan matriks pembobot ketetangaan didapat 10 wilayah yang signifikan memiliki keterhubungan spasial menggunakan kumulatif data titik panas dari bulan Mei hingga Agustus. Terdapat 8 daerah yang signifikan merupakan daerah *hotspot* yang terletak di Kalimantan Barat serta 2 daerah *coldspot* yang terletak di Kalimantan Barat dan Kalimantan Timur.

Berdasarkan analisis LISA yang telah dilakukan didapat bahwa berdasarkan matriks pembobot jarak maupun matriks pembobot ketetangaan, Kalimantan Barat merupakan provinsi yang daerahnya paling berisiko terhadap terjadinya kebakaran hutan dan lahan yang diikuti oleh Kalimantan Timur.

Autokorelasi Spasial dengan Getis-Ord Gi*

Dalam analisis pada data titik panas bulan Mei menggunakan matriks pembobot berbasis jarak dan matriks pembobot ketetangaan didapatkan hasil analisis dengan statistik Getis-Ord Gi* berupa peta tematik pengelompokan wilayah di bawah ini:

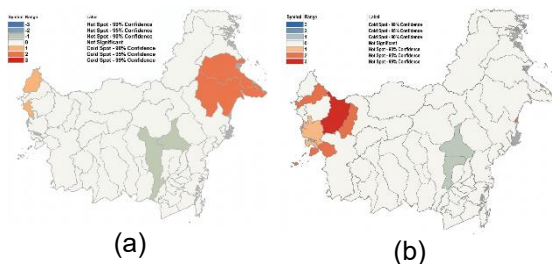


Gambar 16. Peta Analisis Getis-Ord Gi* Bulan Mei Dengan (a) Matriks Pembobot Jarak (b) Matriks Pembobot Ketetangaan

Berdasarkan hasil analisis dengan matriks pembobot jarak, diketahui bahwa terdapat 4 daerah rawan kebakaran dengan tingkat kepercayaan 90-99% dimana 3 di antaranya terletak di Kalimantan Timur dan sisanya terletak di Kalimantan Barat. Selain itu, didapatkan wilayah *hotspot* dengan nilai pengelompokan tertinggi yang terletak di Provinsi Kalimantan Timur dengan nilai $Z(Gi^*) = 2,99$.

Sementara itu, dengan menggunakan matriks pembobot ketetangaan terdapat 7 daerah rawan kebakaran yang 4 di antaranya terletak di Kalimantan Barat dan 3 sisanya terletak di Kalimantan Timur. Wilayah-wilayah tersebut signifikan pada selang kepercayaan 90-99% dengan nilai pengelompokan *hotspot* tertinggi terletak di Provinsi Kalimantan Timur yakni $Z(Gi^*) = 3,29$.

Dalam analisis pada data titik panas bulan Juni menggunakan matriks pembobot berbasis jarak dan matriks pembobot ketetangaan didapatkan hasil analisis dengan statistik Getis-Ord G_i^* berupa peta tematik pengelompokan wilayah di bawah ini:



Gambar 17. Peta Analisis Getis-Ord G_i^* Bulan Juni Dengan (a) Matriks Pembobot Jarak (b) Matriks Pembobot Ketetangaan

Berdasarkan hasil analisis, terdapat 5 wilayah rawan kebakaran (*hotspot*) yang signifikan pada selang kepercayaan 90-95%. Terdapat 2 wilayah *hotspot* yang terletak di Kalimantan Barat dan 3 wilayah *hotspot* lainnya yang terletak di Kalimantan Timur. Wilayah dengan nilai pengelompokan *hotspot* tertinggi terletak di Kalimantan Timur dengan nilai $Z(Gi^*) = 2,08$.

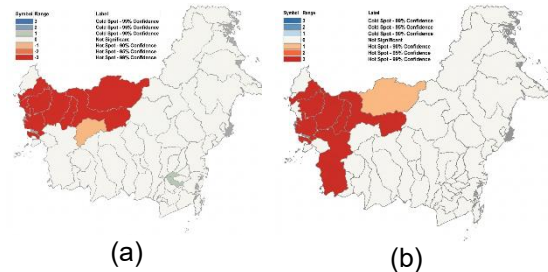
Terdapat pula 2 daerah dengan *cluster coldspot* di Kalimantan Tengah yang signifikan secara statistik pada tingkat kepercayaan 90%. Wilayah dengan nilai pengelompokan *coldspot* tertinggi terletak di Kabupaten Barito Utara dengan nilai $Z(Gi^*) = -1,7$.

Sementara itu, dengan menggunakan matriks pembobot ketetangaan dihasilkan 6 daerah rawan kebakaran yang signifikan pada selang kepercayaan 90-99%. Daerah dengan nilai pengelompokan *hotspot* tertinggi merupakan Kabupaten Sanggau yang terletak di Kalimantan Barat dengan nilai $Z(Gi^*) = 2,60$.

Dapat diketahui pula 2 daerah dengan *cluster coldspot* yang terletak di Kalimantan Tengah dan signifikan pada tingkat kepercayaan

90%. Wilayah dengan nilai pengelompokan *coldspot* tertinggi merupakan Kabupaten Barito Utara dengan nilai $Z(Gi^*) = -1,75$.

Dalam analisis pada data titik panas bulan Juli menggunakan matriks pembobot berbasis jarak dan matriks pembobot ketetangaan didapatkan hasil analisis dengan statistik Getis-Ord G_i^* berupa peta tematik pengelompokan wilayah di bawah ini:

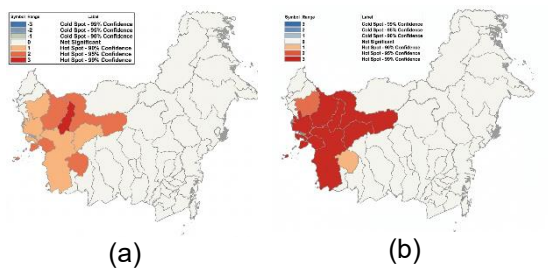


Gambar 18. Peta Analisis Getis-Ord G_i^* Bulan Juli Dengan (a) Matriks Pembobot Jarak (b) Matriks Pembobot Ketetangaan

Berdasarkan hasil analisis, terdapat 10 daerah rawan kebakaran yang signifikan merupakan *hotspot* pada selang kepercayaan 90-99%. Daerah tersebut seluruhnya tersebar di Provinsi Kalimantan Barat dengan nilai pengelompokan *hotspot* tertinggi merupakan Sekadau dengan nilai $Z(Gi^*) = 5,18$.

Dapat diketahui pula 2 daerah dengan *cluster coldspot* yang memiliki nilai $Z(Gi^*) < 0$ dan terletak di Kalimantan Selatan. Daerah dengan nilai pengelompokan *Coldspot* tertinggi merupakan Hulu Sungai Utara dengan nilai $Z(Gi^*) = -1,79$. Dilakukan pula analisis dengan menggunakan matriks pembobot ketetangaan yang menghasilkan 8 wilayah rawan kebakaran yang terletak di Kalimantan Barat dan signifikan pada selang kepercayaan 90-95%. Wilayah dengan nilai pengelompokan *hotspot* tertinggi merupakan Kabupaten Sanggau dengan nilai $Z(Gi^*) = 5,51$.

Dalam analisis pada data titik panas bulan Agustus menggunakan matriks pembobot berbasis jarak dan matriks pembobot ketetangaan didapatkan hasil analisis dengan statistik Getis-Ord G_i^* berupa peta tematik pengelompokan wilayah di bawah ini:

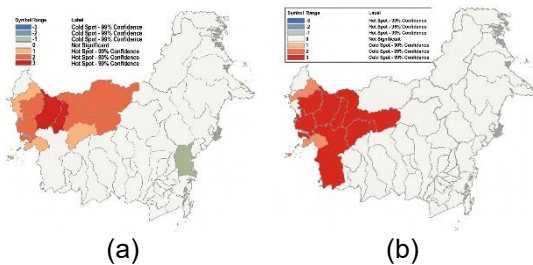


Gambar 19. Peta Analisis Getis-Ord G_i^* Bulan Agustus Dengan (a) Matriks Pembobot Jarak (b) Matriks Pembobot Ketetangaan

Berdasarkan hasil analisis, terdapat 9 daerah rawan kebakaran (*hotspot*) dimana 8 diantara daerah tersebut berada di Kalimantan Barat dan sisanya berada di Kalimantan Tengah. Wilayah dengan nilai pengelompokan *hotspot* tertinggi terletak di Kalimantan Barat dengan nilai $Z(Gi^*) = 4,17$.

Kemudian, dilakukan pula analisis menggunakan matriks pembobot ketetanggaan yang menghasilkan 9 daerah rawan kebakaran (*hotspot*) dimana 8 diantara daerah tersebut berada di Kalimantan Barat dan sisanya berada di Kalimantan Tengah. Daerah dengan nilai pengelompokan *hotspot* tertinggi terletak di Kalimantan Barat dengan nilai $Z(Gi^*) = 5,68$.

Dalam analisis pada data titik panas bulan Mei hingga Agustus menggunakan matriks pembobot berbasis jarak dan matriks pembobot ketetanggaan didapatkan hasil analisis dengan statistik Getis-Ord G_i^* berupa peta tematik pengelompokan wilayah di bawah ini:



Gambar 20. Peta Analisis Getis-Ord G_i^* Bulan Mei-Agustus Dengan (a) Matriks Pembobot Jarak (b) Matriks Pembobot Ketetanggaan

Berdasarkan hasil analisis dengan matriks pembobot jarak, terdapat 11 daerah rawan

kebakaran (*hotspot*) yang signifikan pada selang kepercayaan 90-99%. Daerah dengan nilai pengelompokan *hotspot* tertinggi lagi-lagi merupakan Sekadau dengan nilai $Z(Gi^*) = 4,54$.

Didapat pula daerah dengan *cluster coldspot* yakni Paser di Provinsi Kalimantan Timur yang signifikan pada tingkat kepercayaan 90% dengan nilai $Z(Gi^*) = -1,67$. Selain itu, dengan menggunakan matriks pembobot ketetanggaan didapat 9 daerah rawan kebakaran yang terletak di Kalimantan Barat. Daerah dengan nilai pengelompokan *hotspot* tertinggi merupakan Kabupaten Sekadau dengan nilai $Z(Gi^*) = 5,72$.

Dengan menggunakan kedua jenis autokorelasi spasial berbasis lokal yakni LISA dan Getis-Ord G_i^* didapat daerah-daerah yang signifikan terdeteksi sebagai *hotspot* pada kedua analisis tersebut. Daerah-daerah tersebut disajikan pada Tabel 3.

Melalui tabel tersebut dapat diketahui bahwa berdasarkan analisis dengan LISA dan Getis-Ord G_i^* daerah-daerah yang terletak di Kalimantan Barat cenderung konsisten berada sebagai wilayah *hotspot* yang artinya banyak terdapat titik panas pada wilayah tersebut sehingga rawan terhadap kebakaran. Hal ini bisa disebabkan karena secara geografis Kalimantan Barat dilewati oleh garis khatulistiwa tepat di atas daerah Pontianak. Ini mengakibatkan Kalimantan Barat sebagai daerah tropik dengan suhu udara cukup tinggi sehingga sering terjadi kebakaran hutan dan lahan.

Tabel 3. Wilayah-Wilayah Hotspot

Matriks Pembobot	Provinsi	Daerah <i>Hotspot</i> Berdasarkan Periode Waktu				
		Mei	Juni	Juli	Agustus	Mei-Agustus
Jarak	Kalimantan Barat			Bengkayang Kapuas Hulu Kubu Raya Mempawah Sanggau Sekadau Sintang	Sekadau	Kapuas Hulu Kubu Raya Sekadau
	Kalimantan Timur	Berau	Berau			
Ketetanggaan	Kalimantan Barat	Sanggau	Kayong Utara Sanggau	Bengkayang Ketapang Kubu Raya Landak Sanggau Sekadau Sintang	Ketapang Melawi Kubu Raya Landak Sanggau Sekadau Sintang	Bengkayang Ketapang Kubu Raya Landak Melawi Sanggau Sekadau Sintang

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan didapatkan kesimpulan yakni:

- a. Sejak periode Januari hingga Agustus 2023 terjadi peningkatan jumlah titik panas di Pulau Kalimantan dimana jumlah titik panas yang paling tinggi terjadi di bulan Juli dan Agustus 2023.
- b. Berdasarkan hasil analisis dengan Indeks Moran yang dilakukan menggunakan matriks pembobot jarak dan matriks pembobot ketetanggaan terdapat autokorelasi spasial pada periode waktu tertentu dengan pola sebaran mengelompok (*clustered*).
- c. Berdasarkan hasil analisis autokorelasi spasial secara lokal berbasis LISA dan Getis-Ord G_i^* dengan menggunakan matriks pembobot jarak maupun matriks pembobot ketetanggaan terdapat daerah-daerah yang signifikan secara statistik. Daerah signifikan ini terdiri dari daerah *hotspot* atau daerah rawan kebakaran dan daerah *coldspot* atau daerah yang cenderung aman dari kebakaran. Daerah-daerah rawan kebakaran didominasi oleh daerah yang berada di Provinsi Kalimantan Barat dan Kalimantan Timur.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Amaliasari, C. (2015). Penggunaan pembobot adaptive gaussian kernel dan adaptive bisquare kernel pada model geographically weighted negative binomial regression (GWNBR). *Tugas Akhir Universitas Brawijaya*. 9-10.
- Asmarani, R. (2018). Pengujian autokorelasi spasial pada regresi spasial lag dengan Local Indicator of Spatial Autocorrelation (LISA). *Tugas Akhir UIN Maulana Malik Ibrahim*. 17-20.
- BNPB. (2023. September 2). *Definisi bencana*. Diakses dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana: <https://bnpb.go.id/definisi-bencana>
- Fawwaz, M. (2016). Analisis Spasial Untuk Mengidentifikasi Determinan Angka Kematian Neonatal di Provinsi Jawa Timur. *Tugas Akhir Universitas Airlangga*, 16-17.
- Guerra, G., Crisci, A., Messeri, A., Congedo, L., Munafo, M., & Morabito, M. (2021). Thermal summer diurnal hot-spot analysis: The role of local urban features layers. *Remote Sensing*. 1-29.
- Handayani, F., & Igarta, K. R. (2020). Analisis spasial sektor pariwisata di Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Borneo Administrator*. 83-87.
- Ludwig, J., & Reynolds, J. (1998). *Statistical Ecology A Primer on Methods and Computing*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Nada, S. (2022). Perbandingan matriks pembobot spasial menggunakan metode spasial autoregressive model (SAR) pada kasus Stunting balita usia 0-59 bulan di Indonesia Tahun 2021. *Tugas Akhir UIN Syarif Hidayatullah Jakarta*, 13-18.
- Riznawati, A., Yudhistira, D., Rahmaniati, M., Sipahutar, T., & Eryando, T. (2021). Autokorelasi spasial prevalensi Stunting di Jawa Barat tahun 2021. *Jurnal Departemen Biostatistika dan Ilmu Kependudukan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia*. 13-17.
- Romadhoni, M. (2023). Pemeriksaan autokorelasi spasial penyebaran tuberkulosis paru di Jawa Timur dengan uji indeks moran. *Tugas Akhir UIN Maulana Malik Ibrahim*. 13-14.
- Songchitruska, P., & Zeng, X. (2010). Getis-Ord Spatial Statistics to Identify Hot Spots by Using Incident Management Data. *Journal of the Transportation Research Board*. 45-46.
- Wibowo, A. (2023). Assessments of dental caries spatial pattern in ciamis district using lisa spatial autocorrelation analysis. *Jurnal Geografi Gea*. 1-10.
- Yunitasari, R. (2019). Analisis spasial penyebaran penyakit kusta dengan Indeks Moran dan Rasio Geary's (Studi kasus: di Provinsi Lampung tahun 2017). *Tugas Akhir Universitas Lampung*, 24-26