

## Analisis Autokorelasi Spasial Titik Panas Di Kalimantan Timur Menggunakan Indeks Moran dan *Local Indicator Of Spatial Autocorrelation* (LISA)

### *Analysis Spatial Autocorrelation Hotspot in East Kalimantan Using Index Moran and Local Indicator of Spatial Autocorrelation (LISA)*

Nurmalia Purwita Yuriantari<sup>1</sup>, Memi Nor Hayati<sup>2</sup>, dan Sri Wahyuningsih<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Terapan FMIPA Universitas Mulawarman

<sup>2,3</sup>Program Studi Statistika FMIPA Universitas Mulawarman

<sup>1</sup>Email: nurmaliapyuriantari30@yahoo.com

#### Abstract

*In the last few decades has developed statistical methods relating to spatial science, is the spatial statistics. Spatial Statistics aims to analyze spatial data. The case studies in this study was the amount of hotspots in East Kalimantan by Regency/City in years 2014-2016. This study aimed to analyze the existence of spatial autocorrelation in the data the amount of hotspots as well as determine the level of vulnerability to potential areas of forest and land fires in East Kalimantan by Regency/City in 2014-2016. The method used to analyze the global spatial autocorrelation is the Moran Index method and Local Indicators of Spatial Autocorrelation (LISA) for analyze spatial autocorrelation locally. The results of the analysis of global spatial autocorrelation using the Moran index with  $\alpha = 20\%$  showed there spatial autocorrelation amount of hotspots in East Kalimantan in 2014, 2015, and 2016. Meanwhile, the analysis results locally using LISA showed that there spatial autocorrelation in several Regency/City in East Kalimantan in 2014, 2015 and 2016. The analysis results Regency/City that belong to the vulnerable category of forest and land fires is Bontang City, Kutai Barat Regency, Kutai Kartanegara Regency, Mahakam Ulu Regency, dan Penajam Paser Utara Regency and Samarinda City.*

*Keywords: Spatial autocorrelation, Moran Index, forest and land fires, LISA, hotspot*

#### Pendahuluan

Statistika spasial adalah metode statistika yang digunakan untuk menganalisis data spasial. Data spasial adalah data yang memuat informasi “lokasi”, jadi tidak hanya “apa” yang diukur tetapi menunjukkan lokasi dimana data itu berada (Banerjee *et al*, 2004). Autokorelasi spasial adalah korelasi antara variabel dengan dirinya sendiri berdasarkan ruang atau bisa dikatakan kemiripan objek dalam suatu ruang, baik jarak, waktu ataupun wilayah. Besaran autokorelasi spasial dapat digunakan untuk mengidentifikasi hubungan spasial (Anselin, 1988). Indeks Moran banyak digunakan untuk mengukur autokorelasi spasial global dan untuk pengujian autokorelasi spasial secara lokal dapat digunakan Indeks LISA yang mengidentifikasi bagaimana hubungan antara suatu lokasi pengamatan terhadap lokasi pengamatan lain (Lee dan Wong, 2001).

Indonesia merupakan negara yang memiliki aktifitas alam yang tinggi, sehingga dapat menyebabkan bencana alam terjadi. Saat ini yang menjadi fokus perhatian adalah bencana kebakaran hutan dan lahan yang disebabkan oleh titik api di wilayah Kalimantan pada Tahun 2015. Tercatat bahwa Kalimantan Timur merupakan provinsi terbanyak titik api yang terpantau lalu dilanjutkan oleh provinsi Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Utara, dan Kalimantan Barat (BNPB, 2015).

Kebakaran yang disebabkan oleh titik panas ini merupakan masalah yang serius, karena selain

dampak berkurangnya luasan hutan dan lahan, dampak lain seperti polusi dan keberlangsungan lingkungan hidup yang ada di dalamnya. Dengan dampak yang ditimbulkan, tentu sangat penting tentang pengawasan terhadap daerah titik panas yang ada di Indonesia khususnya Kalimantan Timur. Hanya saja, dengan hutan dan lahan yang sangat luas mengakibatkan permasalahan dalam pengawasannya. Melihat tingginya jumlah kasus kebakaran yang disebabkan oleh titik panas di Kalimantan Timur, maka perlu dilakukan penelitian yang berhubungan dengan kasus tersebut. Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan, penulis akan membahas lebih jauh mengenai penelitian dengan judul: “Analisis Autokorelasi Spasial Titik Panas di Kalimantan Timur Menggunakan Indeks Moran dan *Local Indicator of Spatial Autocorrelation* (LISA)”.

#### Data Spasial

Yang dimaksud dengan data spasial menurut Lesage (1999) adalah hasil pengukuran yang menurut adanya indikasi ketergantungan hasil observasi di suatu tempat (i) terhadap hasil observasi di tempat lain yang berbeda (j), yang mana (i j). Bivand *et al* (2008) menyatakan bahwa terdapat tiga tipe data spasial yaitu data titik, data geostatistik dan data area.

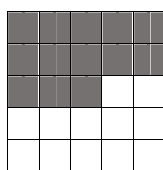
#### Pola Spasial

Pola spasial menjelaskan tentang bagaimana fenomena geografis terdistribusi dan bagaimana

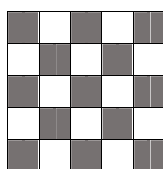
perbandingan dengan fenomena-fenomena lainnya. Pola spasial dapat ditunjukkan dengan autokorelasi spasial. Autokorelasi spasial adalah penilaian korelasi antar pengamatan pada suatu variabel. Jika pengamatan  $X_1, X_2, \dots, X_n$  menunjukkan saling ketergantungan terhadap ruang, maka data tersebut dikatakan terautokorelasi secara spasial. Sehingga autokorelasi spasial digunakan untuk menganalisis pola spasial dari penyebaran titik-titik dengan membedakan lokasi dan atributnya atau variabel tertentu (Lee dan Wong, 2001).

**Autokorelasi Spasial**

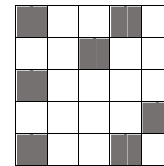
Autokorelasi spasial adalah korelasi antara variabel dengan dirinya sendiri berdasarkan ruang atau dapat juga diartikan suatu ukuran kemiripan dari objek di dalam suatu ruang (jarak, waktu dan wilayah). Jika terdapat pola sistematis di dalam penyebaran sebuah variabel, maka terdapat autokorelasi spasial. Adanya autokorelasi spasial mengindikasikan bahwa nilai atribut pada daerah tertentu terkait oleh nilai atribut tersebut pada daerah lain yang letaknya berdekatan atau bertetangga (Lembo, 2006). Autokorelasi spasial pada suatu titik yaitu sejauh mana suatu titik saling berhubungan atau hal-hal yang terjadi pada titik-titik ini mirip dengan titik lain atau fenomena apa yang terjadi pada titik tersebut. Autokorelasi spasial positif menunjukkan adanya signifikansi pada titik distribusi memiliki karakteristik yang sama, dimana cenderung dekat satu sama lain. Jika autokorelasi spasial negatif, titik distribusi yang berdekatan cenderung memiliki karakteristik yang berbeda. Apabila titik berdistribusi acak maka tidak ada autokorelasi spasial. Secara visual dapat dilihat dalam Gambar 1 sampai Gambar 3 (Lembo, 2006). Dalam penentuan hubungan kedekatan antar lokasi dapat dinyatakan dalam matriks *contiguity* atau matrik pembobot spasial.



Gambar 1. Autokorelasi positif



Gambar 2. Autokorelasi negatif



Gambar 3. Tidak terdapat autokorelasi

**Matriks Contiguity**

Matriks *contiguity* adalah matriks yang menggambarkan hubungan antar daerah atau matriks yang menggambarkan hubungan kedekatan antar daerah. Jika daerah  $i$  saling berdekatan atau berbatasan langsung dengan daerah  $j$ , maka unsur  $(i,j)$  diberi nilai 1. Jika daerah  $i$  tidak saling berdekatan dengan daerah  $j$ , maka unsur  $(i,j)$  diberi nilai 0. Matriks *contiguity* dinotasikan dengan  $C$ , dan  $c_{ij}$  merupakan nilai dalam matriks baris ke- $i$  dan kolom ke- $j$  (Lee dan Wong, 2001).

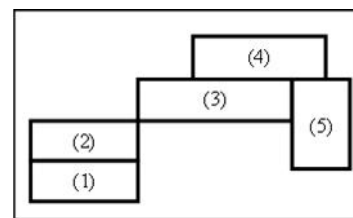
$$c_i = \sum_{j=1}^n c_{ij} \tag{1}$$

dimana:

- $c_i$  = total nilai baris ke- $i$
- $c_{ij}$  = nilai pada baris ke- $i$  kolom ke- $j$ .

Matriks *contiguity* ini memiliki *grid* umum kedekatan/ketetanggaan yang dapat didefinisikan dalam beberapa cara (Lesage, 1999):

- a. Persinggungan sisi (*rook contiguity*)
- b. Persinggungan sudut (*bhisop contiguity*)
- c. Persinggungan sisi sudut (*queen contiguity*)



Gambar 4. Ilustrasi *contiguity*

Matriks pembobot menggunakan *queen contiguity* yang dapat terbentuk dari Gambar 4 adalah sebagai berikut (Lesage, 1999).

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \tag{2}$$

**Matriks Pembobot Spasial**

Dalam perhitungan matriks pembobot spasial atau matriks *contiguity* yang terstandarisasi diperlukan proses standarisasi terhadap matriks pembobot spasial untuk mendapatkan jumlah baris yang *unity*, yaitu jumlah barisnya sama dengan satu.

$$w_{ij} = \frac{c_{ij}}{c_i} \quad (3)$$

Matriks pembobot spasial terstandarisasi yang dapat terbentuk dari Gambar 4. adalah sebagai berikut (Lesage, 1999).

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1/2 & 0 & 1/2 & 0 & 0 \\ 0 & 1/3 & 0 & 1/3 & 1/3 \\ 0 & 0 & 1/2 & 0 & 1/2 \\ 0 & 0 & 1/2 & 1/2 & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

**Indeks Moran**

Indeks moran mengukur apakah variabel x dan y saling berkorelasi dalam satu variabel misal x (x<sub>i</sub> dan x<sub>j</sub>) dimana i = j, i=1,2,...,n j=1,2,...,n dengan banyak data sebesar n, maka formula dari Indeks Moran adalah pada persamaan 5.

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

Dengan  $\bar{x}$  merupakan rata-rata dari variabel x, dan w<sub>ij</sub> merupakan elemen dari matrik pembobot. Nilai dari indeks I ini berkisar antara -1 sampai 1. Nilai -1

I < 0 menunjukkan adanya autokorelasi spasial negatif, sedangkan nilai 0 < I < 1 menunjukkan adanya autokorelasi spasial positif.

Identifikasi pola spasial menggunakan kriteria nilai indeks I, jika I > E(I), maka mempunyai pola mengelompok dan I < E(I) mempunyai pola menyebar. E(I) merupakan nilai ekspektasi dari I yang dirumuskan E(I) = -1/(n-1) (Lee and Wong, 2001).

Pengujian hipotesis terhadap parameter I dapat dilakukan sebagai berikut.

H<sub>0</sub> : I = 0 (tidak ada autokorelasi spasial)

H<sub>1</sub> : I ≠ 0 (terdapat autokorelasi spasial)

$$Z_{hitung} = \frac{I - E(I)}{\sqrt{var(I)}} \quad (6)$$

Dengan I adalah estimasi Indeks Moran, adalah nilai statistik uji Indeks Moran, E(I) adalah nilai ekspektasi Indeks Moran, dan var(I) adalah nilai varians Indeks Moran.

$$var(I) = \frac{n^2 S_1 - n S_2 + 3 S_0^2}{(n^2 - 1) S_0^2} - [E(I)]^2 \quad (7)$$

dengan,

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$$

$$S_1 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (w_{ij} + w_{ji})^2$$

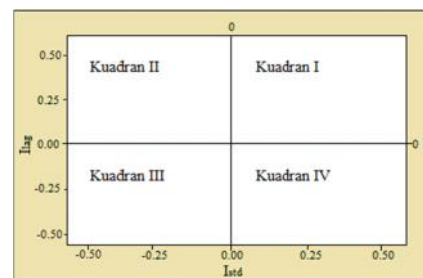
$$S_2 = \sum_{i=1}^n (w_i + w_i)^2$$

$$w_i = \sum_{i=1}^n w_{ij}, w_j = \sum_{j=1}^n w_{ji}$$

Pengujian ini akan menolak hipotesis awal jika nilai |Z<sub>hitung</sub>| > Z<sub>(α/2)</sub> sedangkan tolak H<sub>0</sub> jika nilai P-value < α.

**Moran's Scatterplot**

Pada grafik Moran's scatterplot sumbu horizontal pada Moran's scatterplot menunjukkan rata-rata nilai pengamatan pada suatu lokasi dan sumbu vertikal menunjukkan rata-rata nilai pengamatan (distandarisasi) dari lokasi-lokasi yang bertetangga dengan lokasi yang bersangkutan (Lee dan Wong, 2001). Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada ilustrasi berikut.



Gambar 5. Moran's Scatterplot

Kuadran I (High-High), menunjukkan lokasi yang mempunyai nilai pengamatan tinggi di kelilingi oleh lokasi yang mempunyai nilai pengamatan tinggi. Kuadran II (Low-High), menunjukkan lokasi yang mempunyai nilai pengamatan rendah dikelilingi oleh lokasi yang mempunyai nilai pengamatan tinggi. Kuadran III (Low-Low), menunjukkan lokasi yang mempunyai nilai pengamatan rendah dikelilingi oleh lokasi yang mempunyai nilai pengamatan rendah. Kuadran IV (High-Low) menunjukkan lokasi yang mempunyai nilai pengamatan tinggi di kelilingi oleh lokasi yang memiliki nilai pengamatan rendah.

**Local Indicator of Spatial Autocorrelation (LISA)**

LISA mengidentifikasi bagaimana hubungan antara suatu lokasi pengamatan terhadap lokasi pengamatan lainnya (Lee dan Wong, 2001). Adapun indeksnya adalah sebagai berikut:

$$I_i = \frac{z_i}{m_2} \sum_{j=1}^n w_{ij} z_j \quad (8)$$

Dengan:

$$z_i = (x_i - \bar{x})$$

$$z_j = (x_j - \bar{x})$$

$$m_2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

Pengujian terhadap parameter  $I_i$  dapat dilakukan sebagai berikut.

$H_0: I_i = 0$  (tidak terdapat autokorelasi spasial)

$H_1: I_i \neq 0$  (terdapat autokorelasi spasial)

Statistik uji:

$$Z_{(i)hitung} = \frac{I_i - E(I_i)}{\sqrt{\text{var}(I_i)}} \quad (9)$$

$I_i$  merupakan indeks LISA,  $Z_{(i)hitung}$  merupakan nilai statistik uji indeks LISA,  $E(I_i)$  merupakan nilai ekspektasi indeks LISA,  $\text{var}(I_i)$  merupakan nilai varians dari indeks LISA.

$$E(I_i) = \frac{-w_i}{(n-1)} \quad (10)$$

$$\text{var}(I_i) = w_i^{(2)} \left( \frac{n - \frac{m_4}{m_2^2}}{(n-1)} \right) + 2w_{i(kh)} \frac{(2m_4/m_2^2 - n)}{(n-1)(n-2)} - \frac{w_i^2}{(n-1)^2} \quad (11)$$

dengan:

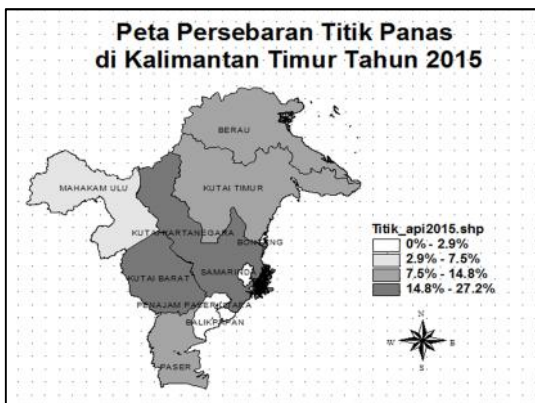
$$w_i^{(2)} = \sum_{j \neq i} w_{ij}^2, i \neq j \quad 2w_{i(kh)} = \sum_{k \neq i} \sum_{h \neq i} w_{ik} w_{ih}$$

$$w_i = \sum_{j \neq i} w_{ij}, i \neq j \quad m_4 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^4}{n-1}$$

Pengujian ini akan menolak hipotesis awal jika nilai  $Z_{hitung}$  terletak pada  $|Z_{hitung}| > Z_{(r/2)}$  atau  $P\text{-value} < \alpha$ .

**Peta Tematik**

Peta tematik yaitu gambaran dari sebagian permukaan bumi yang dilengkapi dengan informasi tertentu, baik di atas maupun di bawah permukaan bumi yang mengandung tema tertentu. Peta tematik erat kaitannya dengan SIG karena pada umumnya *output* dari proyek SIG adalah berupa peta tematik (Barus dan Wiradisastra, 2000). Gambar 6 menunjukkan contoh peta tematik dengan tema persebaran titik panas di Kalimantan Timur Tahun 2015 yang terdiri dari 10 Kabupaten/Kota.



Gambar 6. Peta persebaran titik panas Tahun 2015

**Titik Panas**

Titik panas (*hotspot*) secara definisi dapat diartikan sebagai daerah yang memiliki suhu permukaan relatif lebih tinggi dibandingkan daerah di sekitarnya berdasarkan ambang batas suhu tertentu yang terpantau oleh satelit penginderaan jauh (Giglio *et al*, 2003).

Satelit penginderaan jauh yang digunakan untuk deteksi titik panas oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) sebagai Lembaga Pemerintah Non Kementerian Indonesia yang melaksanakan tugas pemerintahan di bidang penelitian dan pengembangan kedirgantaraan dan pemanfaatannya. Satelit penginderaan jauh yang digunakan untuk deteksi titik panas oleh LAPAN adalah Terra/Aqua-MODIS dan Suomi NPP-VIIRS (LAPAN, 2016).

Berikut adalah ciri-ciri titik panas yang benar-benar terjadi kebakaran lahan atau hutan (LAPAN, 2016):

1. Titik panas bergerombol
2. Titik panas disertai dengan asap
3. Titik panas terjadi berulang

Jumlah titik panas bukanlah jumlah kejadian kebakaran hutan atau lahan yang terjadi, melainkan indikator adanya kebakaran hutan dan lahan.

**Pengertian, Penyebab dan Dampak Kebakaran Hutan dan Lahan**

Menurut Peraturan Menteri Kehutanan, kebakaran hutan dan lahan adalah suatu keadaan dimana hutan atau lahan dilanda api sehingga mengakibatkan kerusakan hutan atau lahan yang menimbulkan kerugian ekonomis dan atau nilai lingkungan. Penyebab kebakaran hutan dan lahan biasanya disebabkan oleh peristiwa alam dan ulah manusia, sedangkan beberapa dampaknya adalah tempat tinggal atau habitat hewan menjadi rusak dan musnah, sumber air semakin berkurang, menyebabkan polusi udara, kerugian materil karena hutan, dan menimbulkan penyakit pada manusia (LAPAN, 2016).

**Hasil dan Pembahasan**

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah jumlah titik panas Provinsi Kalimantan Timur Tahun 2014-2016 berdasarkan Kabupaten/Kota.

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis spasial yaitu menggunakan Indeks Moran dan LISA. Dalam penelitian ini, analisis data dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mendeskripsikan data jumlah titik panas di Provinsi Kalimantan Timur Tahun 2014-2016.
2. Menentukan kedekatan antar Kabupaten/Kota di setiap daerah di Kalimantan Timur dengan membuat matriks *contiguity*. Untuk penentuan kedekatan antar Kabupaten/Kota ini alat yang

digunakan adalah peta Kalimantan Timur dan cara yang digunakan dalam penentuan kedekatan menggunakan *queen contiguity*. Provinsi Kalimantan Timur memiliki 10 Kabupaten/Kota, maka matriks *contiguity* berukuran 10 x 10. Seperti yang telah diilustrasikan pada Gambar 4.

3. Menghitung matriks pembobot spasial yang diperoleh dari matriks *contiguity* berdasarkan Persamaan (3) yang nantinya akan membentuk sebuah matriks yang telah distandarisasi.
4. Mencari nilai statistik Indeks Moran dan melakukan pengujian hipotesisnya dengan menggunakan Persamaan (6), kemudian membuat *Moran's scatterplot*.
5. Mencari nilai statistik Indeks LISA menggunakan Persamaan (8).
6. Melakukan pengujian terhadap parameter  $I_i$  dan hipotesisnya adalah:  
 $H_0 : I_i = 0, i=1,2,\dots,10$   
 (tidak ada autokorelasi spasial pada daerah  $i$  Provinsi Kalimantan Timur)  
 $H_1 : I_i \neq 0, i=1,2,\dots,10$   
 (terdapat autokorelasi spasial pada daerah  $i$  Provinsi Kalimantan Timur)
7. Membuat peta kerawanan daerah-daerah yang berpotensi kebakaran hutan dan lahan dengan menggunakan hasil pengujian LISA.
8. Menyimpulkan hasil analisis.

**Analisis Data Deskriptif**

Berikut ini hasil deskripsi data jumlah titik api di Kalimantan Timur Tahun 2014-2016 berdasarkan 10 Kabupaten/Kota yaitu Kota Balikpapan, Kabupaten Berau, Kota Bontang, Kabupaten Kutai barat, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kabupaten Kutai Timur, Kabupaten Mahakam Ulu, Kabupaten Paser, Kabupaten Penajam Paser Utara dan Kota Samarinda.

Tabel 1. Statistika Deskriptif

Tahun	Minimum	Maksimum	Rata-Rata	Standar Deviasi
2014	0	726	267	249
2015	0	1767	659	628
2016	10	2021	350	623

Dari Tabel 1, diketahui rata-rata jumlah titik panas tertinggi di Kalimantan Timur sebesar 659 titik pada Tahun 2015 dengan standar deviasi 628. Rata-rata jumlah titik panas terendah di Kalimantan Timur sebesar 267 titik pada Tahun 2014 dengan standar deviasi 249.

**Pengujian Indeks Moran**

Data jumlah titik panas yang digunakan pada Tahun 2014-2016 diasumsikan berdistribusi normal.

Tabel 2. Nilai Indeks Moran Tahun 2014-2016

Tahun	Indeks Moran ( $I$ )	Keterangan
2014	-0,358547	Autokorelasi spasial negatif
2015	-0,470733	Autokorelasi spasial negatif
2016	-0,406086	Autokorelasi spasial negatif

Tabel nilai Indeks Moran di atas menerangkan karakteristik yang berbeda pada titik distribusi yang berdekatan. Berdasarkan Tabel 2. Dapat diketahui nilai Indeks Moran pada Tahun 2014, 2015 dan 2016 berada pada rentang  $-1 < I < 0$  yang menunjukkan adanya autokorelasi spasial negatif.

Sebelumnya telah diperoleh nilai Indeks Moran titik panas Tahun 2014, 2015 dan 2016 berada pada rentang  $-1 < I < 0$  maka menggunakan  $H_1$  (Hipotesis alternatif) Indeks Moran bersifat negatif. Pengujian hipotesis dari pemeriksaan autokorelasi spasial disajikan sebagai berikut:

$H_0 : I = 0$  (Tidak terdapat autokorelasi spasial/ tidak ada hubungan pada data jumlah titik panas antar Kabupaten/Kota di Provinsi Kalimantan Timur yang letaknya berdekatan)

$H_1 : I < 0$  (Terdapat autokorelasi spasial negatif/ ada hubungan pada data jumlah titik panas antar Kabupaten/Kota di Provinsi Kalimantan Timur yang letaknya berdekatan)

pengujian akan menolak hipotesis awal jika nilai  $|Z_{hitung}| > Z = 0,84$ .

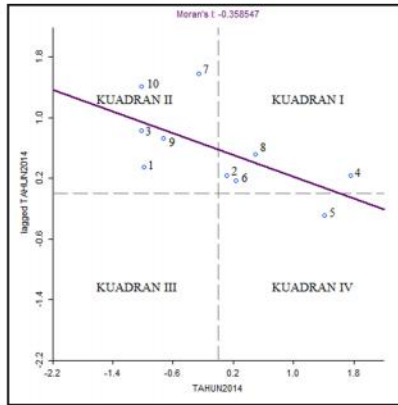
Tabel 3. Indeks Moran,  $E(I)$ ,  $Var(I)$ , dan  $Z_{hitung}$  Tahun 2014-2016

Tahun	Indeks Moran ( $I$ )	$E(I)$	$Var(I)$	$Z_{hitung}$
2014	-0,358547	-0,111111	0,050118	-1,105264
2015	-0,470733	-0,111111	0,050118	-1,606384
2016	-0,406086	-0,111111	0,050118	-1,317614

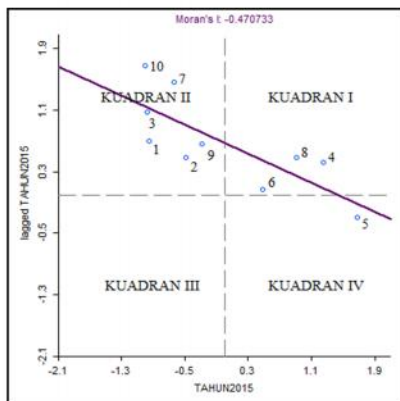
Berdasarkan pengujian terhadap adanya autokorelasi spasial dengan menggunakan Indeks Moran yang ditunjukkan pada Tabel 3, Tahun 2014, 2015 dan 2016 signifikan pada  $\alpha = 20\%$  dan memperoleh kesimpulan bahwa pada Tahun 2014, 2015, dan 2016 ada hubungan pada data jumlah titik panas antar Kabupaten/Kota di Provinsi Kalimantan Timur yang letaknya berdekatan.

Dapat dilihat pada Gambar 7, Gambar 8 dan Gambar 9, Kabupaten/Kota yang konsisten berada pada Kuadran I yaitu Kabupaten Kutai timur yang menunjukkan bahwa Kabupaten Kutai timur memiliki jumlah titik panas yang tinggi dan dikelilingi oleh Kabupaten/Kota yang memiliki jumlah titik panas tinggi juga. Kabupaten/Kota yang konsisten berada pada Kuadran II yaitu Kota Balikpapan, Kota Bontang, Kabupaten Mahakam Ulu, Kabupaten Penajam Paser Utara dan Kota Samarinda, yang menunjukkan bahwa Kabupaten/Kota tersebut memiliki jumlah titik panas yang rendah dan dikelilingi oleh

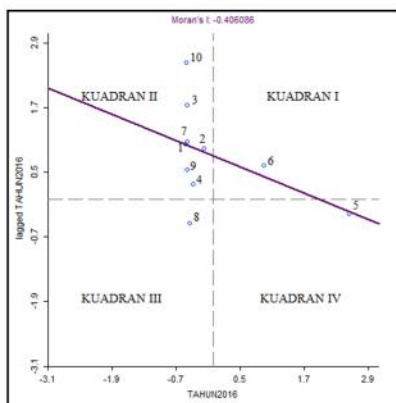
Kabupaten/Kota yang memiliki jumlah titik panas tinggi. Kabupaten/Kota yang konsisten berada pada Kuadran IV yaitu Kabupaten Kutai Kartanegara yang menunjukkan bahwa Kabupaten Kutai Kartanegara memiliki jumlah titik panas yang tinggi dan dikelilingi oleh Kabupaten/Kota yang memiliki jumlah titik panas rendah.



Gambar 7. Moran's scatterplot Tahun 2014



Gambar 8. Moran's scatterplot Tahun 2015



Gambar 9. Moran's scatterplot Tahun 2016

**Pengujian LISA**

Setelah dilakukan pengujian autokorelasi spasial secara global menggunakan Indeks Moran perlu dilakukan pengujian secara lokal dengan LISA untuk melihat lokasi-lokasi mana saja pada

Tahun 2014-2016 yang terdapat autokorelasi spasial.

Pengujian hipotesis secara lokal dengan taraf signifikansi yang digunakan sebesar  $\alpha = 20\%$  pemeriksaan autokorelasi spasial disajikan sebagai berikut:

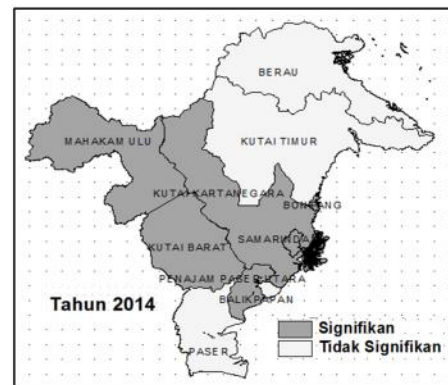
$$H_0 : I_i = 0, i=1,2,\dots,10$$

(Tidak terdapat autokorelasi spasial/ tidak ada hubungan pada Kabupaten/Kota  $i$  di Provinsi Kalimantan Timur dengan Kabupaten/Kota yang letaknya berdekatan)

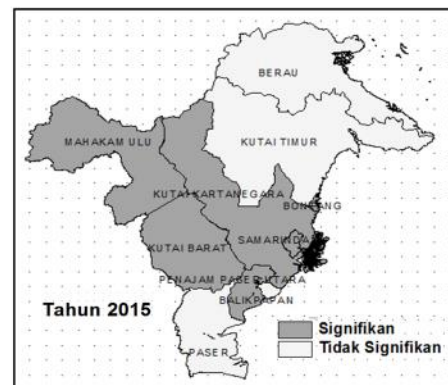
$$H_1 : I_i \neq 0, i=1,2,\dots,10$$

(Terdapat autokorelasi spasial/ ada hubungan pada Kabupaten/Kota  $i$  di Provinsi Kalimantan Timur dengan Kabupaten/Kota yang letaknya berdekatan)

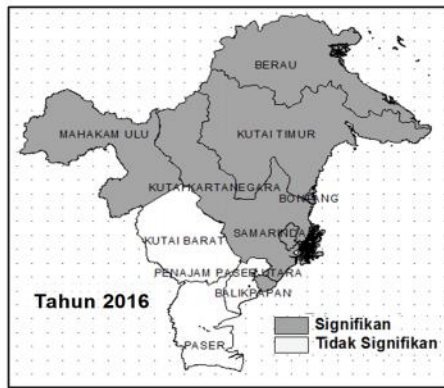
pengujian akan menolak  $H_0$  jika nilai  $P\text{-value} < \alpha = 20\%$ .



Gambar 10. Peta signifikan Tahun 2014 menggunakan software Arcview GIS



Gambar 11. Peta signifikan Tahun 2015 menggunakan software Arcview GIS



Gambar 12. Peta signifikan Tahun 2016 menggunakan software Arcview GIS

**Peta Kerawanan Daerah Berpotensi Terjadi Kebakaran Hutan dan Lahan**

Peta kerawanan daerah berpotensi terjadi kebakaran hutan dan lahan di Kalimantan Timur digunakan untuk membuat prioritas daerah yang perlu diperhatikan untuk menekan kebakaran hutan dan lahan. Letak dari daerah tersebut saling berdekatan sehingga ketika satu kecamatan terkena kebakaran daerah yang ada di sekitarnya juga ikut terbakar.



Gambar 13. Peta kerawanan

Peta kerawanan pada Gambar 13 dibuat menggunakan hasil pengujian LISA Tahun 2014-2016 yang dibagi menjadi beberapa kategori yaitu kategori aman, sedang dan rawan.

**Kesimpulan**

Hasil yang didapatkan dari pengujian secara global menggunakan Indeks Moran yaitu pada Tahun 2014, 2015 dan 2016 terdapat autokorelasi spasial pada data jumlah titik panas antar Kabupaten/Kota di Provinsi Kalimantan Timur yang letaknya berdekatan. Hasil yang didapat dari pengujian secara lokal menggunakan LISA berdasarkan perhitungan manual dan menggunakan software menunjukkan pada Tahun 2014 daerah yang terdapat autokorelasi spasial adalah Kota Bontang, Kabupaten Kutai Barat, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kabupaten

Mahakam Ulu, Kabupaten Penajam Paser Utara dan Kota Samarinda. Pada Tahun 2015 yaitu Kota Bontang, Kabupaten Kutai Barat, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kabupaten Mahakam Ulu, Kabupaten Penajam Paser Utara dan Kota Samarinda. Pada Tahun 2016 yaitu Kota Balikpapan, Kota Berau, Kota Bontang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kabupaten Kutai Timur, Kabupaten Mahakam Ulu dan Kota Samarinda. Daerah yang termasuk kategori rawan dan sangat perlu diperhatikan untuk menekan kejadian kebakaran hutan dan lahan adalah Kota Bontang, Kabupaten Kutai Barat, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kabupaten Mahakam Ulu, Kabupaten Penajam Paser Utara dan Kota Samarinda.

**Daftar Pustaka**

Anselin, L. 1988. *Spatial Econometrics: Methods and Models*. London: Kluwer Academic Publishers.

Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2015. *Jurnal Penanggulangan Bencana*, Vol. 4 No. 2, 2087-636X.

Banerjee, S., Carlin, B.P. and Gelfand, A.E. 2004. *Hierarchical Modeling and Analysis for Spatial Data*. Boca Raton: Chapman and Hall/CRC.

Barus, B. dan Wiradisstra, U.S. 2000. *Sistem Informasi Geografi: Sarana Manajemen Sumber daya*. Bogor: Laboratorium Penginderaan Jauh dan Kartografi Jurusan Tanah Fakultas Pertanian IPB.

Bivand, R.S., Pebesma, E.J. and Gomez-Rubio, V. 2008. *Applied Spatial Data Analysis with R*. USA: Springer Science+Business Media, LLC.

Giglio, L., Descloitres, J., Justice, C.O. and Kaufman, Y.J. 2003. *An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS*. Remote Sensing of Environment, Vol. 87, 273-282.

Lee, J. and Wong, D.W.S. 2001. *Statistical Analysis with Arcview GIS*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). 2016. *Informasi Titik Panas (Hotspot) Kebakaran Hutan dan Lahan*. ISBN 978-602-96352-2-5.

Lembo, A.J. 2006. *Spatial Autocorrelation*. Cornell University.

Lesage, J.P. 1999. *The Theory and Practice of Spatial Econometrics*. University of Toledo: Department of Economics

Peraturan Menteri Kehutanan Nomor: P.12/Menhut-II/2009 tentang Pengendalian Kebakaran Hutan.

