p-ISSN 2085-7829
e-ISSN 2798-3455

ANALISIS SPASIAL PERSEBARAN JUMLAH KASUS MALARIA DI KALIMANTAN TIMUR MENGGUNAKAN INDEKS MORAN DAN LOCAL INDICATOR OF SPATIAL AUTOCORRELATION

SPATIAL ANALYSIS OF THE DISTRIBUTION OF THE NUMBER OF MALARIA CASES IN EAST KALIMANTAN USING THE MORAN INDEX AND LOCAL INDICATOR OF SPATIAL AUTOCORRELATION

Zahrah Dhafina Hadisti[1], Memi Nor Hayati[2a)], Meirinda Fauziyah[3]
[1, 2, 3] Laboratorium Statistika Terapan, Jurusan Matematika, FMIPA Universitas Mulawarman
[1, 2, 3] Program Studi S1 Statistika, FMIPA Universitas Mulawarman

Author Emails
[a)] Corresponding author: *meminorhayati@fmipa.unmul.ac.id*

ABSTRACT

Spatial analysis is an analysis that considers the location and distance of an object in the research data. Moran's index is one of the spatial methods used to analyze spatial autocorrelation globally. Furthermore, there is the Local Indicator of Spatial Autocorrelation (LISA) method which is used to analyze spatial autocorrelation locally. This study aims to determine whether there is spatial autocorrelation and determine the distribution pattern formed in the data on the average number of malaria cases in East Kalimantan based on the regency/city during 2018-2022. The results showed that based on the Moran index globally, there was no spatial autocorrelation in the average number of malaria cases in East Kalimantan in 2018-2022. The type of spatial pattern in the distribution of malaria cases in East Kalimantan is a clustering pattern indicated by the clustering of malaria cases in each district/city in East Kalimantan. Furthermore, the results of spatial autocorrelation using LISA show that locally there is spatial autocorrelation in several districts/cities in East Kalimantan, namely Paser, Kutai Timur, Kutai Barat and Penajam Paser Utara.

Keywords: *spatial autocorrelation, morans index, LISA, malaria*

1. Pendahuluan

Informasi suatu wilayah memiliki karakteristik tersendiri yang berbeda dari wilayah yang lain dapat diperhatikan dari perspektif keruangan. Mengamati permukaan bumi yang bentuknya beragam menimbulkan pertanyaan bagaimana mereka berhubungan, bagaimana memetakan segala sesuatu berada, serta bagaimana hubungan dan jarak suatu wilayah dapat mempengaruhi suatu kejadian. Salah satu analisis yang hasilnya bergantung dari lokasi dan jarak suatu objek ialah analisis spasial (Larasati dkk, 2017).

Analisis Spasial merupakan analisis yang memperhatikan letak lokasi dan jarak suatu objek pada data penelitiannya (Xu & Eugene, 2015). Data analisis spasial menggunakan data yang berorientasi secara geografis, memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya. Metode autokorelasi spasial merupakan analisis data spasial, untuk mengetahui pola hubungan atau pola penyebaran amatan antar lokasi serta memberikan informasi hubungan karakteristik antar wilayah. Beberapa metode autokorelasi spasial diantaranya adalah Indeks Moran dan *Local Indicator of Spatial Autocorrelation* (Lee & Wong, 2001).

Penelitian mengenai penerapan metode spasial telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya seperti Hayati dkk, (2019) menggunakan metode LISA untuk mengukur autokorelasi spasial dan mengidentifikasi daerah rentan terhadap kejadian diare di Kalimantan Timur Tahun 2015-2017. Hikmaulida dkk, (2020) menggunakan *spatial pattern analysis* yaitu Indeks Moran dan LISA untuk menganalisis pola persebaran titik panas di Kalimantan Timur Tahun 2016-2018. Selanjutnya penelitian oleh Qona'ah dan Sutikno (2016) menggunakan *spatial pattern analysis* dan *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic* untuk menganalisis pola persebaran ISPA di Kabupaten Bojonegoro Tahun 2012-2015. Sunarsih dkk, (2021) melakukan penelitian dengan metode Indeks Moran dan LISA untuk mengidentifikasi pola kasus malaria di Kabupaten Muara Enim Tahun 2017-2019.

Metode Spasial dapat diterapkan di berbagai bidang, seperti bidang kesehatan untuk pengendalian penyakit. Beberapa pengendalian penyakit di berbagai wilayah di Indonesia tren angka kejadian malaria menunjukkan bahwa wilayah Indonesia bagian timur menjadi konsentrasi kabupaten/kota yang memiliki endemis tinggi malaria. Sementara terdapat satu provinsi di luar wilayah timur yang secara nasional masih termasuk wilayah endemis tinggi yaitu Kalimantan Timur. Berdasarkan data Kemenkes RI Tahun 2021 ditemukan 304.607 kasus malaria di Indonesia sepanjang tahun 2021. Jumlah tersebut naik 19,9% dari tahun

DOI 10.30872/eksponensial.v15i1.1232

p-ISSN 2085-7829
e-ISSN 2798-3455

sebelumnya yang sebesar 254.055 kasus. Papua menjadi provinsi dengan kasus malaria tertinggi di Indonesia pada tahun 2021 tercatat ada 275.243 orang terjangkit penyakit tersebut. Posisinya disusul oleh Nusa Tenggara Timur dengan jumlah 9.419 kasus malaria, Papua Barat dengan jumlah 7.628 kasus malaria, Sumatera Utara dengan jumlah 2.531 kasus malaria dan Kalimantan Timur yang menduduki posisi kelima dengan jumlah kasus malaria sebanyak 2.249 orang. Menurut data Dinas Kesehatan Kalimantan Timur (Dinkes Kaltim) hingga akhir Juni 2022 kejadian kasus malaria di Kaltim terdapat tiga daerah dengan kasus malaria terbesar diantaranya adalah Penajam Paser Utara dengan 440 kasus, Paser dengan 163 kasus dan Kutai Timur dengan 123 Kasus (Basuki, 2022).

Penelitian ini bertujuan menganalisis wilayah-wilayah yang memiliki kasus malaria pada Kabupaten/Kota di Provinsi Kalimantan Timur dengan mempertimbangkan aspek spasial (keruangan) untuk mengetahui persebaran penyakit malaria serta melihat hubungan karakteristik antar wilayah pengamatan dengan menggunakan metode autokorelasi spasial yaitu Indeks Moran dan *Local Indicator of Spatial Autocorrelation*.

2. Tinjauan Pustaka

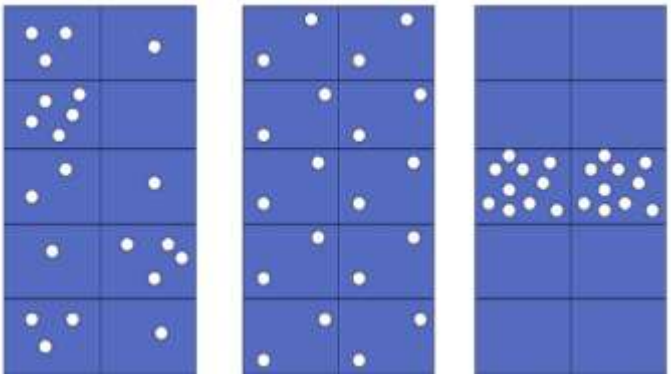
2.1 Data Spasial

Data spasial merupakan data yang berorientasi secara geografis dan memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya. Data spasial mempunyai dua informasi penting yang membuatnya berbeda dari data yang lain, yaitu informasi lokasi (spasial) dan informasi deskriptif (atribut) dimana setiap data lokasi selalu terintegrasi dengan data atributnya.Informasi lokasi berupa kondisi geografis yang terdapat pada lokasi tertentu menggunakan sistem koordinat seperti letak garis lintang dan garis bujur, sedangkan informasi atribut berupa keterangan serta penjelasan yang berkaitan dengan suatu lokasi serta populasi, informasi alamat dan lain sebagainya. Data spasial dapat diperoleh dari berbagai sumber diantaranya ialah peta analog, sistem penginderaan jauh seperti citra satelit, pengukuran lapangan secara langsung, pengukuran menggunakan teknologi *Global Positioning System* (GPS) dan lain-lain (Hartoyo dkk, 2010).

2.2 Pola Spasial

Pola spasial merupakan suatu pola yang erat kaitannya dengan penempatan objek atau susunan benda di permukaan bumi. Pola spasial akan menjelaskan tentang bagaimana fenomena geografis terdistribusi dan bagaimana perbandingannya dengan fenomena lain. Setiap perubahan pola spasial akan megilustrasikan proses spasial yang ditunjukkan oleh faktor lingkungan dan budaya, terdapat tiga pola dasar spasial diantaranya adalah sebagai berikut (Ludwig, 1988) :

a. *Random* : Beberapa titik ditempatkan secara acak di berbagai lokasi. Posisi satu titik tidak bergantung pada posisi titik lainnya.
b. *Uniform* : Setiap titik tersebar secara merata dan berjauhan dengan titik-titik yang lain.
c. *Clustered* : Beberapa titik membentuk suatu kumpulan dan berada dalam jarak dekat satu sama lain.



Random *Uniform* *Clustered*

Gambar 1. Tiga Pola Dasar Penyebaran Spasial

2.3 Indeks Moran

Metode Indeks Moran digunakan dalam pengukuran autokorelasi spasial untuk menganalisis hubungan spasial di suatu daerah secara global/keseluruhan dan dapat diterapkan untuk mendeteksi penyimpangan dari keacakan spasial. penyimpangan dari keacakan spasial ini dapat memperlihatkan pola spasial seperti mengelompok atau tren. Berikut perhitungan untuk mendapatkan nilai indeks moran :

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

keterangan:

DOI 10.30872/eksponensial.v15i1.1232

p-ISSN 2085-7829
e-ISSN 2798-3455

I = Indeks Moran
n = banyaknya lokasi pengamatan
x_i = nilai pengamatan pada lokasi ke- i
x_j = nilai pengamatan pada lokasi ke- j
$\bar{x}$ = rata-rata dari nilai pengamatan
w_{ij} = nilai pembobotan baris ke- i dan kolom ke- j

Rentang nilai indeks moran dengan matriks pembobot spasial terstandarisasi adalah $-1 \leq I \leq 1$. Nilai indeks moran sebesar $-1 \leq I < 0$ maka terjadi autokorelasi spasial negatif, nilai indeks moran sebesar $0 < I \leq 1$ maka terjadi autokorelasi spasial positif dan jika $I = 0$ maka tidak terjadi autokorelasi spasial pada daerah tersebut. Pengujian hipotesis terhadap parameter I dapat dilakukan sebagai berikut:

$H_0: I = 0$, (Tidak terdapat autokorelasi spasial)
$H_1: I \neq 0$, (Terdapat autokorelasi spasial)

$$Z_{hitung}(I) = \frac{I - E(I)}{\sqrt{Var(I)}} \tag{2}$$

dengan

$$E(I) = I_0 = -\frac{1}{(n-1)} \tag{3}$$

$$Var(I) = \frac{(n^2 S_1 - nS_2) + 3(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_{ij})^2}{(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_{ij})^2 (n^2 - 1)} - [E(I)]^2 \tag{4}$$

dimana

$$S_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} (w_{ij} + w_{ji})^2}{2} \tag{5}$$

$$S_2 = \sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{i=1}^{n} w_{ij} + \sum_{j=1}^{n} w_{ji}\right)^2 \tag{6}$$

Jika nilai $|Z_{hitung}(I)| > Z_{\alpha/2}$ maka H_0 ditolak dimana $Z_{\alpha/2}$ merupakan daerah kritis uji Z dengan taraf kesalahan α (Lee & Wong, 2001).

2.4 *Moran's Scatterplot*

Menurut Anselin (1993) *Moran's Scatterplot* adalah salah satu alat yang dapat digunakan untuk menginterpretasikan statistik indeks moran. *Moran's Scatterplot* diterapkan guna melihat hubungan antara nilai-nilai amatan pada suatu lokasi yang sudah distandarisasi dengan rata-rata nilai amatan dari lokasi-lokasi yang bertetanggaan dengan lokasi yang bersangkutan. Grafik *Moran's Scatterplot* dapat memvisualkan keterhubungan antara nilai pengamatan dan nilai rata-rata lokal yang sudah terstandarisasi.

2.5 LISA

Pengujian autokorelasi spasial secara lokal dapat menggunakan *Local Indicator of Spatial Autocorrelation* (LISA), dimana pengujian ini berguna untuk menemukan korelasi spasial pada setiap lokasi. Adapun indeksnya adalah sebagai berikut:

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

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

Berikut merupakan pengujian statistik terhadap parameter I_i:

$H_0: I_i = 0$, (Tidak terdapat autokorelasi spasial di suatu lokasi ke-i)
$H_1: I_i \neq 0$, (Terdapat autokorelasi spasial di suatu lokasi ke-i)

Statistik uji : $Z_{(i)hitung} = \frac{I_i - E(I_i)}{\sqrt{Var(I_i)}}$ (8)

$$E(I_i) = \frac{-w_i}{(n-1)} \tag{9}$$

DOI 10.30872/eksponensial.v15i1.1232

p-ISSN 2085-7829
e-ISSN 2798-3455

$$Var(I_i) = w_i^{(2)} \frac{\left(n - \frac{m_4}{m_2}\right)}{(n-1)} + 2w_{i(kh)} \frac{\left(2m_4 / m_2^2 - n\right)}{(n-1)(n-2)} - \frac{w_i^2}{(n-1)^2} \quad (10)$$

dengan:

$$m_4 = \sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - \bar{x})^4}{n-1} \quad , \quad 2w_{i(kh)} = \sum_{k \neq 1} \sum_{h \neq 1} w_{ik} w_{ih} \quad , \quad w_i = \sum_{j=1} w_i, i \neq j \quad , \quad m_4 = \sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - \bar{x})^4}{n-1}$$

Pengujian ini akan menolak hipotesis awal jika nilai Z_{hitung} terletak pada $Z_{hitung} > Z_{\alpha/2}$ atau $p - value < \alpha$ (Lee & Wong, 2001).

2.6 Malaria

Penyakit malaria merupakan salah satu jenis penyakit yang disebabkan oleh infeksi parasit. Parasit tersebut ditularkan melalui gigitan nyamuk terutama oleh nyamuk *Anopheles* betina. Manusia dapat terjangkit malaria setelah digigit nyamuk yang terdapat parasit malaria di dalam tubuh nyamuk. Parasit tersebut masuk ke dalam tubuh manusia yang akan menetap di organ hati sebelum siap menyerang sel darah merah. Penyakit ini banyak dijumpai di daerah tropis. Malaria diinfeksikan oleh parasit bersel satu yaitu *plasmodium* yang berasal dari kelas *protozoa* (Kemenkes, 2022).

Secara klinis, gejala dari penyakit malaria yaitu terdiri dari beberapa serangan demam dengan interval tertentu, demam yang disebabkan karena penyakit malaria merupakan gejala utama dari malaria (Kemenkes, 2017). Selain itu, gejala-gejala umum yang dapat ditemukan pada penderita malaria adalah sakit kepala, menggigil dan nyeri di seluruh tubuh. Gejala lain dapat berupa mual, muntah dan bahkan diare juga dapat ditemukan pada beberapa kasus. Demam periodik yang terjadi pada gejala sakit malaria terbagi menjadi tiga periode diantaranya stadium menggigil yang berlangsung selama 15 menit hingga satu jam, kemudian stadium puncak demam berlangsung selama dua hinga enam jam dan stadium berkeringat yang berlangsung dua hingga empat jam (Sugiarti, 2018).

3. Metodologi

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini bersifat *ex post facto*, yaitu data dikumpulkan setelah seluruh kejadian yang menjadi persoalan terjadi. Penelitian ini dilakukan dengan cara merekapitulasi data kasus malaria berdasarkan Kabupaten/Kota di Kalimantan Timur yang kemudian digunakan sebagai bahan untuk penelitian ini. Data pada penelitian merupakan data sekunder, dimana data diperoleh dari *website* resmi Badan Pusat Statistik Indonesia (https://www.bps.go.id).

3.2 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah jumlah kasus malaria di Kalimantan Timur berdasarkan Kabupaten/Kota, sedangkan sampel yang diambil adalah rata-rata jumlah kasus malaria berdasarkan Kabupaten/Kota di Kalimantan Timur pada Tahun 2018-2022. Kabupaten/Kota di Provinsi Kalimantan Timur terdiri dari 7 kabupaten dan 3 kota yaitu Kabupaten Kutai Kartanegara, Kabupaten Kutai Timur, Kabupaten Berau, Kabupaten Kutai Barat, Kabupaten Mahakam Ulu, Kabupaten Penajam Paser Utara, Kabupaten Paser, Kota Samarinda, Kota Balikpapan dan Kota Bontang.

3.3 Teknik *Sampling*

Penelitian ini menggunakan teknik *sampling* yaitu *total sampling* karena pengambilan sampel dalam penelitian melibatkan seluruh populasi yaitu rata-rata jumlah kasus malaria di Kalimantan Timur Tahun 2018-2022 berdasarkan Kabupaten/Kota sehingga dapat menggambarkan keadaan persebaran kejadian malaria untuk Tahun 2018-2022.

3.4 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis spasial dengan menggunakan *Moran's I* dan LISA. Analisis data dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan data rata-rata jumlah kasus malaria selama Tahun 2018-2022 di Kalimantan Timur dengan statistika deskriptif dan *spatial mapping*.
2. Menentukan dependensi spasial dan pola persebaran spasial dengan mencari nilai statistik *Morans'I* menggunakan Persamaan (1) dan melakukan pengujian hipotesisnya dengan menggunakan Persamaan (2).
3. Membuat *Moran's Scatterplot* dan peta tematik berdasarkan hasil *Moran's Scatterplot*
4. Mencari nilai Indeks LISA menggunakan Persamaan (7) dan melakukan pengujian terhadap parameter I_i dengan hipotesis berikut:
   $H_0 : I_i = 0, i = 1,2, \dots, 10$ (Tidak terdapat autokorelasi spasial pada wilayah i di Provinsi Kalimantan Timur)
   $H_1 : I_i \neq 0, i = 1,2, \dots, 10$ (Terdapat autokorelasi spasial pada wilayah i di Provinsi Kalimantan Timur)
5. Membuat peta tematik berdasarkan hasil pengujian LISA dan *Moran's Scatterplot*

DOI 10.30872/eksponensial.v15i1.1232

p-ISSN 2085-7829
e-ISSN 2798-3455

6. Menyimpulkan hasil analisis dan kesimpulan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisis Data Deskriptif

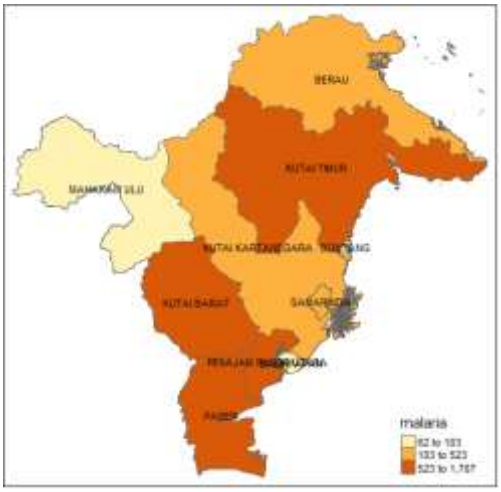
Tahapan ini mendeskripsikan data rata-rata jumlah kasus malaria berdasarkan Kabupaten/Kota di Kalimantan Timur untuk melihat jumlah kasus malaria tertinggi dan terendah selama Tahun 2018-2022.

Tabel 1. Data Jumlah Kasus Malaria dan Rata-Rata Jumlah Kasus Malaria di Kalimantan Timur berdasarkan Kabupaten/Kota Tahun 2018-2022

Kabupaten/Kota	Jumlah Kasus Malaria					*Mean* (x_i)
	2018	2019	2020	2021	2022	
Paser	924	854	318	236	655	597
Kutai Barat	2690	1270	487	21	86	911
Kutai Kartanegara	298	331	914	38	93	335
Kutai Timur	605	775	484	204	549	523
Berau	403	419	324	50	308	301
Penajam Paser Utara	2.313	2.055	1.263	1.670	1.236	1.707
Mahakam Ulu	29	69	204	9	19	66
Balikpapan	71	100	80	0	109	72
Samarinda	21	126	191	58	119	103
Bontang	6	16	64	9	216	62

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh bahwa rata-rata jumlah kasus malaria tertinggi di Kabupaten/Kota Provinsi Kalimantan Timur selama Tahun 2018-2022 yaitu Kabupaten Penajam Paser Utara, dimana pada daerah tersebut ditemukan sebanyak 1.707 kasus malaria selama 5 tahun terakhir. Kemudian rata-rata jumlah kasus malaria terendah di Kabupaten/Kota Provinsi Kalimantan Timur selama Tahun 2018-2022 yaitu Kota Bontang, dimana selama 5 tahun terakhir hanya ditemukan sebanyak 62 kasus malaria.

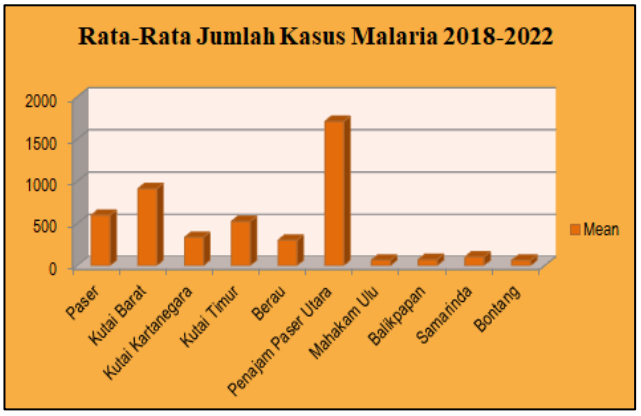
Selanjutnya memvisualkan rata-rata jumlah kasus malaria untuk melihat tingkat penyebaran kasus malaria di Kalimantan Timur. Pengelompokan dilakukan sebanyak 3 kelompok. Kelompok I dengan jumlah kasus 62-103 orang menunjukkan jumlah kasus malaria rendah, kelompok II dengan 103-523 orang menunjukkan jumlah kasus malaria sedang dan kelompok III sebanyak 523-1.707 orang menunjukkan jumlah kasus malaria tinggi.



Gambar 2. Penyebaran Rata-Rata Jumlah Kasus Malaria di Kalimantan Timur Tahun 2018-2022

DOI 10.30872/eksponensial.v15i1.1232

p-ISSN 2085-7829
e-ISSN 2798-3455



Gambar 3. Histogram Rata-Rata Jumlah Kasus Malaria di Kalimantan Timur Tahun 2018-2022

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa daerah dengan tingkat warna yang semakin gelap menunjukkan jumlah kasus malaria yang semakin tinggi. Terlihat bahwa Kabupaten Mahakam Ulu dan Kota Balikpapan termasuk daerah dengan jumlah kasus malaria rendah (Kelompok I), sedangkan Kabupaten Kutai Timur, Kabupaten Kutai Barat, Kabupaten Penajam Paser Utara dan Kabupaten Paser termasuk daerah dengan jumlah kasus malaria tinggi (Kelompok III). Histogram pada Gambar 3 memperlihatkan bahwa variasi rata-rata jumlah kasus malaria di Kalimantan Timur tiap Kabupaten/Kota memiliki perbedaan yang signifikan dalam tingkat jumlah kasus malaria. Terlihat ada satu Kabupaten/Kota dengan jumlah kasus malaria lebih tinggi dari wilayah lainnya yaitu Kabupaten Penajam Paser Utara dimana jumlah kasusnya hampir mencapai angka 2000 jiwa.

4.2 Pengujian Indeks Moran

Berikut ini adalah hasil Indeks Moran yang didapatkan melalui *software R* untuk data rata-rata jumlah kasus malaria di Kalimantan Timur pada periode Tahun 2018-2022.

Tabel 2. Nilai Indeks Moran Data Rata-Rata Jumlah Kasus Malaria

Indeks Moran (I)	Keterangan
$-0{,}0114$	Autokorelasi Spasial Negatif

Tabel 2 menyajikan nilai indeks moran dari data rata-rata jumlah kasus malaria di Kalimantan Timur pada periode Tahun 2018-2022, yang berada dalam rentang $-1 \leq I < 0$. Rentang ini menunjukkan adanya autokorelasi negatif yang mengindikasikan bahwa lokasi yang berdekatan memiliki jumlah kasus malaria yang berbeda dan cenderung tersebar. Selanjutnya, nilai harapan indeks moran dihitung untuk mengidentifikasi pola persebaran dari rata-rata jumlah kasus malaria di Kalimantan Timur. Berikut adalah hasil perhitungan nilai harapan indeks moran:

$$E(I) = I_0 = \frac{1}{(n-1)} = -\frac{1}{10-1} = -\frac{1}{9} = -0{,}1111$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai harapan indeks moran sebesar $-0{,}1111$. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa nilai indeks moran lebih rendah daripada nilai harapan, yaitu $I = -0{,}0114 > \mathrm{I}_0 = -0{,}1111$. Hal ini menunjukkan bahwa pola persebaran rata-rata jumlah kasus malaria di Kalimantan Timur pada periode Tahun 2018-2022 adalah pola yang mengelompok (*cluster*).

Setelah mengidentifikasi pola spasial yang terbentuk dengan menggunakan indeks moran, langkah berikutnya ialah melakukan pengujian hipotesis pada indeks moran untuk mengetahui apakah terdapat autokorelasi spasial pada rata-rata jumlah kasus malaria antar Kabupaten/Kota di Provinsi Kalimantan Timur yang lokasinya berdekatan. Berikut adalah pengujian hipotesis pada indeks moran:

$H_0 : I = 0$ (Tidak terdapat autokorelasi spasial secara global pada data rata-rata jumlah kasus malaria Tahun 2018-2022 antar kabupaten/kota di Provinsi Kalimantan Timur yang lokasinya berdekatan)

$H_1 : I \neq 0$ (Terdapat autokorelasi spasial secara global pada data rata-rata jumlah kasus malaria Tahun 2018-2022 antar kabupaten/kota di Provinsi Kalimantan Timur yang lokasinya berdekatan)

Pada penelitian ini, taraf signifikansi ditetapkan sebesar $\alpha = 25\%$. Pengujian akan menolak H_0 jika nilai $|Z_{hitung}| > Z_\alpha = 1{,}15$. Kemudian didapatkan nilai Z_{hitung} sebagai berikut:

DOI 10.30872/eksponensial.v15i1.1232

p-ISSN 2085-7829
e-ISSN 2798-3455

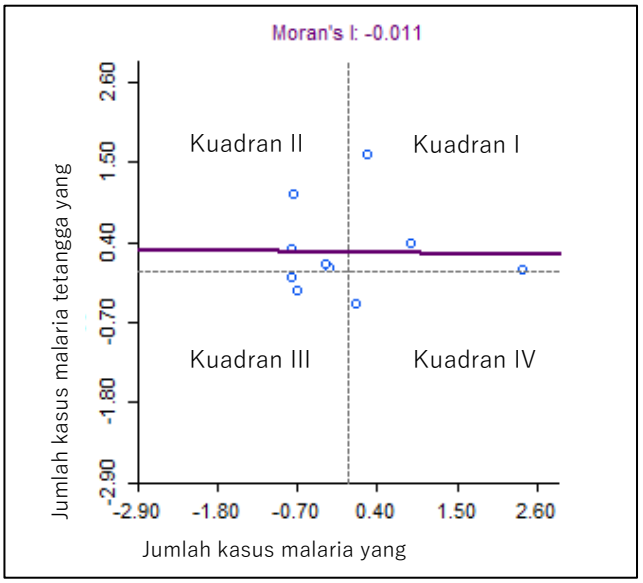
Tabel 3. Indeks Moran, E(I), $Var(I)$, dan Z_{hitung}

Indeks Moran (I)	$E(I)$	$Var(I)$	Z_{hitung}	**Keputusan**
$-0{,}0114$	$-0{,}1111$	0,0502	0,4445	Gagal Tolak H_0

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian hipotesis indeks moran dari data rata-rata jumlah kasus malaria di Kalimantan Timur Tahun 2018-2022. Berdasarkan keputusan dengan menggunakan taraf signifikansi 25% diputuskan gagal tolak H_0, sehingga kesimpulan yang dapat ditarik adalah tidak terdapat autokorelasi spasial secara global pada data rata-rata jumlah kasus malaria Tahun 2018-2022 antar kabupaten/kota di Provinsi Kalimantan Timur yang lokasinya berdekatan.

4.3 *Moran's Scatterplot*

Berikut ini adalah hasil *Moran's Scatterplot* untuk data rata-rata jumlah kasus malaria di Kalimantan Timur pada periode Tahun 2018-2022



Gambar 4. *Moran's Scatterplot*

Gambar 5. Peta Wilayah Berdasarkan *Moran's Scatterplot*

DOI 10.30872/eksponensial.v15i1.1232

p-ISSN 2085-7829
e-ISSN 2798-3455

Gambar 4 merupakan grafik *Moran's Scatterplot* yang terbagi menjadi 4 Kuadran. Kuadran I terdiri dari 3 wilayah, Kuadran II terdiri dari 4 wilayah, Kuadran III terdiri dari 2 wilayah dan Kuadran IV terdiri dari 1 wilayah. Kemudian dibuat peta wilayah berdasarkan hasil *Moran's Scatterplot* seperti pada Gambar 5, dimana wilayah yang berwarna hijau merupakan wilayah yang termasuk dalam Kuadran I (*High-High*). Wilayah Kuadran I terdiri dari Kabupaten Kutai Barat, Kabupaten Paser dan Kabupaten Penajam Paser Utara menunjukkan bahwa Kabupaten/Kota tersebut memiliki jumlah kasus malaria tinggi yang dikelilingi oleh Kabupaten/Kota dengan jumlah kasus malaria tinggi pula.

Wilayah yang berwarna ungu merupakan wilayah yang termasuk dalam Kuadran II (*Low-High*) dan Kabupaten/Kota yang termasuk dalam Kuadran II diantaranya ialah Kabupaten Berau, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kabupaten Mahakam Ulu dan Kota Balikpapan yang berarti bahwa Kabupaten/Kota tersebut memiliki jumlah kasus malaria rendah namun dikelilingi oleh Kabupaten/Kota dengan jumlah kasus malaria yang tinggi. Selanjutnya wilayah yang berwarna kuning merupakan wilayah yang termasuk dalam Kuadran III (*Low-Low*) dan dapat dilihat bahwa Kabupaten/Kota yang termasuk dalam Kuadran III diantaranya Kota Bontang dan Kota Samarinda yang berarti bahwa Kabupaten/Kota tersebut memiliki jumlah kasus malaria rendah dan dikelilingi oleh Kabupaten/Kota yang memiliki jumlah kasus malaria rendah pula. Terakhir yaitu wilayah yang berwarna oranye merupakan wilayah yang termasuk dalam Kuadran IV (*High-Low*) dan dapat dilihat bahwa Kabupaten/Kota yang termasuk dalam Kuadran IV adalah Kabupaten Kutai Timur yang berarti bahwa Kabupaten tersebut memiliki jumlah kasus malaria yang tinggi namun dikelilingi oleh Kabupaten/Kota dengan jumlah kasus malaria rendah.

4.4 Indeks LISA

Pengujian autokorelasi spasial dengan menggunakan LISA menunjukkan signifikansi hubungan secara lokal pada masing-masing Kabupaten/Kota di Kalimantan Timur. Berikut ini adalah hasil pengujian LISA untuk data rata-rata jumlah kasus malaria di Kalimantan Timur pada periode Tahun 2018-2022 dengan pengujian hipotesis sebagai berikut:

$H_0 : I_i = 0$ (Tidak terdapat autokorelasi spasial pada Kabupaten/Kota i atau tidak ada hubungan rata-rata jumlah kasus malaria selama Tahun 2018-2022 pada Kabupaten/Kota i dengan Kabupaten/Kota yang letaknya berdekatan)

$H_1 : I_i \neq 0$ (Terdapat autokorelasi spasial pada Kabupaten/Kota i atau tidak ada hubungan rata-rata jumlah kasus malaria selama Tahun 2018-2022 pada Kabupaten/Kota i dengan Kabupaten/Kota yang letaknya berdekatan)

Taraf signifikansi yang digunakan sebesar $\alpha = 25\%$. Pengujian akan menolak H_0 jika $p - value < \alpha = 0{,}25$.

Tabel 4. Indeks LISA dan Pengujian Hipotesis LISA

Kabupaten/Kota	Indeks LISA	$p - value$	Keputusan
Paser	0,4507	0,0121	Tolak H_0
Kutai Barat	0,3831	0,1865	Tolak H_0
Kutai Kartanegara	-0,0133	0,9218	Gagal Tolak H_0
Kutai Timur	-0,0538	0,3763	Gagal Tolak H_0
Berau	-0,0382	0,9430	Gagal Tolak H_0
Penajam Paser Utara	-0,0567	0,1792	Tolak H_0
Mahakam Ulu	-0,2585	0,7369	Gagal Tolak H_0
Balikpapan	-0,9073	0,1226	Tolak H_0
Samarinda	0,2005	0,7298	Gagal Tolak H_0
Bontang	0,0650	0,7991	Gagal Tolak H_0

Berdasarkan Tabel 4 diperoleh wilayah-wilayah yang signifikan terdapat autokorelasi spasial secara lokal adalah Kabupaten Paser, Kabupaten Kutai Barat, Kabupaten Penajam Paser Utara dan Kota Balikpapan. Hal ini menunjukkan ada hubungan rata-rata jumlah kasus malaria pada periode Tahun 2018-2022 pada Kabupaten Kutai Barat, Kabupaten Penajam Paser Utara dan Kota Balikpapan dengan Kabupaten/Kota yang letaknya

DOI 10.30872/eksponensial.v15i1.1232

p-ISSN 2085-7829
e-ISSN 2798-3455

berdekatan. Kemudian, informasi mengenai rata-rata jumlah kasus malaria pada Kabupaten/Kota yang terdapat autokorelasi spasial secara lokal dengan Kabupaten/Kota yang berdekatan dapat dilihat berdasarkan hasil *Moran's Scatterplot* pada Gambar 4.

Gambar 6. Peta Hasil LISA dan *Moran's Scatterplot*

Berdasarkan Gambar 6, wilayah yang diberi warna menunjukkan adanya autokorelasi spasial lokal yang signifikan. Sementara itu, wilayah yang tidak diberi warna menunjukkan bahwa tidak ada autokorelasi spasial lokal yang signifikan. Kabupaten/Kota yang signifikan adalah Kabupaten Kutai Barat, Kabupaten Penajam Paser Utara, Kabupaten Paser dan Kota Balikpapan. Terlihat pada peta tersebut bahwa wilayah yang signifikan dan termasuk dalam Kuadran I (*High-High*) yaitu Kabupaten Kutai Barat, Kabupaten Penajam Paser Utara dan Kabupaten Paser ditandai dengan wilayah yang berwarna hijau. Kemudian wilayah disekitar wilayah Kuadran I yang signifikan adalah Kota Balikpapan ditandai dengan wilayah yang berwarna ungu. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa persebaran jumlah kasus malaria di Kalimantan Timur pada periode Tahun 2018-2022 menunjukkan signifikansi yang tinggi pada wilayah yang berada di Kuadran I dan cenderung mengelompok pada wilayah yang berdekatan serta wilayah yang memiliki jumlah kasus malaria cukup tinggi pula.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis diperoleh pola persebaran rata-rata jumlah kasus malaria di Kalimantan Timur pada periode Tahun 2018-2022 adalah pola mengelompok (*cluster*) di setiap Kabupaten/Kota. Hasil pengujian Indeks Moran tidak terjadi autokorelasi spasial secara global pada data rata-rata jumlah kasus malaria Tahun 2018-2022 antar kabupaten/kota di Provinsi Kalimantan Timur yang lokasinya berdekatan. Sedangkan hasil pengujian LISA menunjukkan ada hubungan rata-rata jumlah kasus malaria Tahun 2018-2022 pada Kabupaten Kutai Barat, Kabupaten Penajam Paser Utara dan Kota Balikpapan dengan Kabupaten/Kota yang letaknya berdekatan.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepada pihak-pihak yang membantu dalam penyelesaian artikel ini serta kepada Laboratorium Statistika Terapan, Jurusan Matematika FMIPA Universitas Mulawarman sebagai tempat penelitian ini.

7. Daftar Pustaka

Anselin, L. (1993). *Exploratory Spatial Data Analysis and Geographic Information System*. National Center for Geographic Information and Analysis of California Santa Barbara: CA93106.

Basuki, B., S. (2022). Hingga Juni 2022 Kasus Malaria di Kaltim Capai 901 Kasus, Total 5 Pasien Dilaporkan Meninggal Dunia. https://diksi.co/hingga-juni-2022-kasus-malaria-di-kaltim-capai-901-kasus-total-5-pasien-dilaporkan-meninggal-dunia?page=2. Diakses pada 15 Februari 2023.

Hartoyo, G. M., Nugroho, Y., Bhirowo, A., & Khalil, B. (2010). *Modul Pelatihan Sistem Informasi Geografis (SIG) Tingkat Dasar*. Bogor: Tropenbos International Indonesia Programme.

p-ISSN 2085-7829
e-ISSN 2798-3455

Hayati, N.M., Purnamasari, I. & Wahyuningsih, S. (2019). Analysis of Spatial Autocorrelation of Diarrhe Events in East Kalimantan in 2015-2017 Using a Local Indicator of Spatial Autocorrelation. *Journal of Physics : Conference Series*. 1277 012045. doi:10.1088/1742-6596/1277/1/012045.

Hikmaulida, N.T., Hayati, N.M., & Wahyuningsih, S. (2020). Analisis Spasial Persebaran dan Pemetaan Kerawanan Daerah Titik Panas di Kalimantan Timur Menggunakan Spatial Pattern Analysis dan Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic. *Progressive Physics Journal*. Vol. 1, No.1:20-28.

Kemenkes RI Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan. *Malaria*. (2022). Jakarta: Kementerian Kesehatan RI;2022.

Larasati, M. N., Subiyanto S., & Sukmono, A. (2017). Analisis Penggunaan dan Pemanfaatan Tanah (P2T) Menggunakan Sistem Informasi Geografis Kecamatan Banyumanik Tahun 2016. *Jurnal Geodesi Undip*. Vol. 6, No. 4:89-97.

Lee, J. & Wong, D.W.S. (2001). *Statistical Analysis with ArcviewGIS*. United Stated of America: John Wiley & Sons, Inc.

Ludwig, J.A, and J.F. Reynolds, (1988), *Statistical Ecology*, John Wiley & Sons, Inc. Canada.

Qona'ah, N. & Sutikno. (2016). Analisis Pola Persebaran ISPA (Infeksi Slauran Pernafasan Akut) sebagai Dampak Industri Migas di Kabupaten Bojonegoro Menggunakan Spatial Pattern Analysis dan Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. Vol. 5, No. 2:462-467.

Sugiarti, S. (2018). Karakteristik Tempat Perindukan Nyamuk Anopheles sp. yang Potensial Sebagai Vektor Malaria di Wilayah Kerja Puskesmas Hanura Kabupaten Pesawaran. *Jurnal Kesehatan Universitas Lampung*.

Sunarsih, E., Zulkarnain, M., Hanum, L., Flora, R. & Damiri, N. (2021). Spatial Pattern Analysis of Malaria Cases in Muara Enim Regency Using Moran Index and Local Indicator Spatial Autocorrelation. *Open Access Macedonian Journal of Medical Science*. Vol. 1, No. 3:695-701.

Xu, Y. & Eugene K. (2015). "An Introduction to Spatial Analysis in Social Science Research". *The Quantilative Methods of Psichology Journal*. Vol. 11 No. 1:22-31. DOI: 10.20982/tqmp.11.1.p022.