

Analisis Pola Persebaran ISPA (Infeksi Saluran Pernafasan Akut) Sebagai Dampak Industri Migas di Kabupaten Bojonegoro Menggunakan *Spatial Pattern Analysis* dan *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic*

Niswatul Qona'ah dan Sutikno

Jurusan Statistika, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: niswatulqonaah@gmail.com; sutikno@statistika.its.ac.id

Abstrak—Salah satu dampak negatif yang dirasakan masyarakat di kawasan eksplorasi migas Bojonegoro adalah banyak yang terserang ISPA (Infeksi Saluran Pernafasan Akut). Berdasarkan data 10 besar penyakit terbanyak di puskesmas Kabupaten Bojonegoro, penyakit ISPA selalu menduduki peringkat pertama sejak tahun 2010 sampai tahun 2015. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian terhadap adanya autokorelasi spasial pada data ISPA tiap kecamatan di Bojonegoro pada tahun 2012-2015. Pengujian secara global menggunakan indeks *Moran's I* menunjukkan bahwa terdapat autokorelasi spasial pada tahun 2012 dan 2013 yang signifikan pada $\alpha=5\%$, pada tahun 2014 dan 2015 signifikan pada $\alpha>5\%$ namun tidak sampai lebih dari 15%. Sementara dengan menggunakan indeks *Geary's C* menunjukkan bahwa terdapat autokorelasi spasial pada tahun 2015 yang signifikan pada $\alpha=5\%$ dan pada tahun 2012, 2013, 2014 signifikan pada $\alpha>5\%$ namun tidak sampai lebih dari 15%. Deteksi *hotspot* kejadian ISPA tahun 2012 menggunakan pengujian *LISA* menunjukkan bahwa wilayah yang menjadi *hotspot* yaitu kuadran I (HH) meliputi kecamatan Trucuk, Bojonegoro, dan Kapas. Kuadran IV (HL) meliputi kecamatan Tambakrejo. Wilayah dalam kuadran II (LH) merupakan coldspot kejadian ISPA meliputi kecamatan Sukosewu. Sedangkan wilayah dalam kuadran III (LL) meliputi kecamatan Sekar, Ngambon, dan Gondang tergolong wilayah yang aman. Deteksi hotspot kejadian ISPA tahun 2012 menggunakan *flexibly shaped spatial scan statistic* diperoleh 3 kantong ISPA yang signifikan. Kantong pertama terdiri dari 7 kecamatan yaitu Bojonegoro, Dander, Trucuk, Malo, Kasiman, Padangan, dan Purwosari dengan resiko relatif sebesar 1,413. Kantong kedua hanya terdiri dari 1 kecamatan yaitu Kepohbaru dengan resiko relatif sebesar 1,142. Kantong ketiga terdiri dari 2 kecamatan yaitu Balen dan Sukosewu dengan resiko relatif sebesar 1,079.

Kata Kunci—Bojonegoro, *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic*, ISPA, *Geary's C*, *LISA*, *Moran's I*

I. PENDAHULUAN

Kekayaan alam berupa migas membuat masyarakat Bojonegoro berharap sangat tinggi akan segera keluar dari kemiskinan. Sementara dalam sistem Undang Undang Indonesia, migas adalah milik negara, dan daerah penghasil mendapatkan bagian 6% (dari keuntungan dan netto) untuk minyak dan 12% untuk gas [1]. Masyarakat yang tinggal di kawasan eksplorasi migas merasakan

dampak negatif dari proyek tersebut, khususnya di Kecamatan Ngasem, Purwosari, dan Kalitidu. Warga di sekitar wilayah tersebut banyak terserang penyakit ISPA (Infeksi Saluran Pernafasan Akut) [2].

ISPA adalah infeksi saluran pernafasan yang dapat berlangsung sampai 14 hari. Secara klinis ISPA ditandai dengan gejala akut akibat infeksi yang terjadi di setiap bagian saluran pernafasan dengan berlangsung tidak lebih dari 14 hari [3]. Faktor paling utama yang mempengaruhi ISPA adalah rokok dan polusi udara. Faktor-faktor yang mempengaruhi ISPA yaitu penggunaan bahan bakar untuk memasak dan kepadatan hunian rumah [4].

Menurut Dinas Kesehatan Kabupaten Bojonegoro pada tahun 2015, penyakit ISPA menempati peringkat pertama dalam 10 besar penyakit terbanyak di Bojonegoro sejak tahun 2010 hingga tahun 2015. Hal ini disebabkan pencemaran udara di Kabupaten Bojonegoro cukup tinggi. Kegiatan eksplorasi migas di beberapa wilayah di Kabupaten Bojonegoro merupakan penyumbang pencemaran udara yang cukup besar. Penelitian penyakit ISPA sebelumnya pernah dilakukan antara lain rujukan [5] tentang proporsi kasus ISPA pada balita di Kabupaten Gresik dengan *Geographically Weighted Regression (GWR)*.

Penelitian ini akan menganalisis persebaran kejadian penyakit ISPA di Kabupaten Bojonegoro dengan mempertimbangkan lokasi (kecamatan) dan waktu (tahun) menggunakan metode *spatial pattern analysis* dan *flexibly shape spatial scan statistic*. Metode *spatial pattern analysis* cukup baik dalam menyajikan peta kerawanan penyakit sekaligus dapat mengidentifikasi keterkaitan antar lokasi dan waktu [6]. Penelitian sebelumnya yang menggunakan metode ini antara lain rujukan [7] yaitu tentang *spatial pattern analysis* kejadian penyakit demam berdarah untuk informasi *early warning* bencana di Kota Surabaya. Sementara itu, penelitian dengan metode *flexibly shape spatial scan statistic* pernah dilakukan rujukan [8] tentang kasus pneumonia balita di Kota Surabaya.

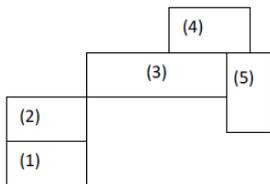
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. 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) [9]. Adanya autokorelasi spasial mengindikasikan bahwa nilai atribut pada daerah tertentu terkait oleh nilai atribut tersebut pada daerah lain yang letaknya berdekatan.

B. Matriks Pembobot Spasial

Matriks pembobot spasial **W** berdasarkan persentuhan batas wilayah (*contiguity*) menyatakan bahwa interaksi spasial terjadi antar wilayah yang bertetangga [10]. Secara umum, terdapat 3 tipe interaksi, yaitu *Rook Contiguity* (persentuhan sisi), *Bishop Contiguity* (persentuhan titik vertek), dan *Queen Contiguity* (persentuhan sisi dan titik vertek). Wilayah yang bertetanggaaan diberikan nilai 1, sedangkan yang lain 0.



Gambar 1. Ilustrasi *Contiguity*

Dengan menggunakan *Queen Contiguity* untuk Gambar 1. didapatkan matriks **W** sebagai berikut.

$$W_{queen} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

C. Pengujian Efek Dependensi Spasial Global

Statistik uji yang dapat digunakan dalam mengidentifikasi pengaruh spasial pada data secara global diantaranya adalah Moran's I dan Geary's C.

1) Moran's I

Moran's I mengukur korelasi satu variabel misal x (x_i dan x_j) dimana $i \neq j, i=1,2,\dots,n, j=1,2,\dots,n$ dengan banyak data sebesar n , maka formula dari Moran's I adalah pada persamaan (2.2).

$$\hat{I} = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S_0 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.2)$$

Dengan \bar{x} merupakan rata-rata dari variabel x , w_{ij} merupakan elemen dari matrik pembobot, dan $S_0 = \sum_i \sum_j w_{ij}$. Nilai dari indeks \hat{I} ini berkisar antara -1 sampai 1. Jika $\hat{I} > I_0$, maka mempunyai pola mengelompok (autokorelasi positif), jika $\hat{I} > I_0$, maka berpola menyebar tidak merata (tidak ada autokorelasi), dan $\hat{I} > I_0$, memiliki pola menyebar (autokorelasi negatif). I_0 merupakan nilai ekspektasi dari I yang dirumuskan $E(I) = \frac{-1}{n-1}$ [9]. Pengujian hipotesis terhadap parameter I dapat dilakukan sebagai berikut.

$H_0 : I = I_0$ (tidak ada autokorelasi spasial)

$H_1 : I \neq I_0$ (terdapat autokorelasi spasial)

$$Z = \frac{\hat{I} - I_0}{\sqrt{\text{var}(\hat{I})}} \quad (2.3)$$

Dengan \hat{I} adalah estimasi indeks Moran's I, Z adalah nilai statistik uji indeks Moran's I, $E(I)$ adalah nilai ekspektasi indeks Moran's I, dan $\text{var}(I)$ adalah nilai varians indeks Moran's I.

$$\text{var}(I) = \frac{n(n^2 - 3n + 3)S_1 - nS_2 + 3S_0^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S_0^2} - \frac{k\{n(n-1)S_1 - nS_2 + 3S_0^2\}}{(n-1)(n-2)(n-3)S_0^2} - \frac{1}{(n-1)^2} \quad (2.4)$$

Dengan,

$$k = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 / (\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2)^2$$

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

$$S_2 = \sum_{i=1}^n (w_i + w_i)^2, w_i = \sum_{j=1}^n w_{ij} \text{ dan } w_j = \sum_{i=1}^n w_{ji}$$

Pengujian ini akan tolak H_0 jika $|Z_{hitung}| > Z_{(\frac{\alpha}{2}, n-1)}$.

2) Geary's C

Indeks Geary's C dirumuskan sebagai berikut (Lee & Wong, 2001).

$$\hat{C} = \frac{(n-1) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - x_j)^2}{2S_0 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.5)$$

Nilai w_{ij}, x_i, x_j, n dan S_0 yang digunakan dalam persamaan (2.5) sama dengan nilai pada persamaan (2.2)

Jika nilai \hat{C} antara 0 dan 1, maka pola sebarannya adalah mengelompok (autokorelasi positif), jika nilai \hat{C} mendekati 1, polanya menyebar tidak merata (tidak ada autokorelasi), dan pada nilai \hat{C} antara 1 dan 2, pola sebarannya merata (autokorelasi negatif) [9]. Langkah pengujian terhadap parameter C adalah sebagai berikut.

$H_0 : C = 1$ (tidak ada autokorelasi spasial)

$H_1 : C \neq 1$ (terdapat autokorelasi spasial)

Statistik Uji :

$$Z = \frac{\hat{C} - 1}{\sqrt{\text{var}(\hat{C})}} \quad (2.6)$$

Dengan \hat{C} merupakan estimasi indeks Geary's C, Z merupakan nilai statistik uji indeks Geary's C, dan $\text{var}(C)$ merupakan nilai varians dari indeks Geary's C.

$$\text{var}(C) = \frac{(n-1)S_1[n^2 - 3n + 3 - (n-1)k]}{n(n-2)(n-3)S_0^2} - \frac{(n-1)S_2[n^2 + 3n - 6 - (n^2 - n + 2)k]}{4n(n-2)(n-3)S_0^2} + \frac{n^2 - 3 - (n-1)^2 k}{n(n-2)(n-3)} \quad (2.7)$$

Nilai S_0, S_1 , dan S_2 yang digunakan pada persamaan (2.7) sama dengan yang digunakan pada persamaan (2.4). Pengujian ini akan tolak H_0 jika nilai $|Z_{hitung}| > Z_{(\frac{\alpha}{2}, n-1)}$.

D. Local Indicator of Spatial Autocorrelation (LISA)

LISA mengidentifikasi bagaimana hubungan antara suatu lokasi pengamatan terhadap lokasi pengamatan lainnya. Adapun indeksnya adalah sebagai berikut [9].

$$\hat{I}_i = \hat{z}_i \sum_j w_{ij} \hat{z}_j \quad (2.8)$$

z_i dan z_j pada persamaan (2.8) merupakan deviasi dari nilai rata-rata.

$$\hat{z}_i = (x_i - \bar{x}) / s \quad (2.9)$$

s adalah nilai standar deviasi dari x_i .

Berikut merupakan pengujian statistik terhadap parameter I_i .

$H_0 : I_i = E(I_i)$ (tidak ada autokorelasi spasial pada lokasi ke- i)

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

Statistik uji :

$$Z = \frac{\hat{I}_i - E(I_i)}{\sqrt{\widehat{\text{var}}(\hat{I}_i)}} \tag{2.10}$$

Dengan \hat{I}_i merupakan estimasi indeks LISA, Z merupakan nilai statistik uji indeks LISA, $E(I_i)$ merupakan nilai ekspektasi indeks LISA, $\widehat{\text{var}}(\hat{I}_i)$ merupakan nilai varians dari indeks LISA.

$$E(I_i) = -w_i / (n-1) \tag{2.11}$$

$$\text{var}(I_i) = w_i^{(2)} \frac{\binom{n-m_4}{m_2^2}}{(n-1)} - 2w_{i(kh)} \frac{(2m_4/m_2^2 - n)}{(n-1)(n-2)} - \frac{w_i^2}{(n-1)^2} \tag{2.12}$$

Dengan,

$$w_i^{(2)} = \sum_j w_{ij}^2, \quad i \neq j$$

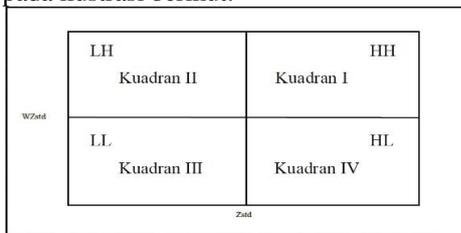
$$2w_{i(kh)} = \sum_{k \neq i} \sum_{h \neq i} w_{ik} w_{ih}$$

$$w_i^2 = (\sum_j w_{ij})^2$$

Pengujian ini akan tolak H_0 apabila $|Z_{hitung}| > Z_{(\frac{\alpha}{2}, n-1)}$.

E. Moran's Scatterplot

Moran's Scatterplot merupakan alat untuk melihat hubungan antara nilai pengamatan yang telah distandarisasi dengan nilai rata-rata daerah tetangga yang juga telah distandarisasi [9]. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada ilustrasi berikut.



Gambar 2. Moran's Scatterplot

Kuadran I (kanan atas) disebut *High-High* (HH), menunjukkan daerah yang mempunyai nilai pengamatan tinggi dikelilingi oleh daerah yang tinggi pula. Kuadran II (kiri atas) disebut *Low-High* (LH), menunjukkan daerah dengan nilai pengamatan rendah namun dikelilingi oleh daerah dengan nilai pengamatan tinggi. Kuadran III (kiri bawah) disebut *Low-Low* (LL), menunjukkan daerah dengan nilai pengamatan rendah dikelilingi oleh daerah yang rendah pula. Kuadran IV (kanan bawah) disebut *High-Low* (HL), menunjukkan daerah dengan nilai pengamatan tinggi namun dikelilingi oleh daerah yang memiliki nilai pengamatan rendah [11].

F. Metode Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic

Spatial scan statistic merupakan salah satu metode statistik yang digunakan untuk mendeteksi *cluster* pada sebuah lokasi yang berupa titik maupun data agregat. Metode *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic* mempunyai *power* lebih tinggi daripada *Circular Spatial Scan Statistic* saat *cluster* yang dideteksi adalah *non-circular* dan fleksibel terhadap bentuk kantong yang dihasilkan sehingga tidak terbatas pada bentuk lingkaran saja [12].

Algoritma yang digunakan untuk mendapatkan Z dengan *pre-specified maximum length* L adalah sebagai berikut.

1. Membentuk himpunan wilayah Z

$$Z = \{Z_{i(lm)} | 1 \leq i \leq n, 1 \leq l \leq L, 1 \leq m \leq m_{il}\}$$

dimana n adalah banyaknya data pengamatan, L adalah banyak wilayah maksimum dalam satu kantong dan m adalah banyak data bangkitan dengan simulasi monte-Carlo.
2. Himpunan wilayah Z dibagi menjadi dua himpunan wilayah baru yakni Z_0 dan Z_1 , dimana Z_0 adalah himpunan wilayah dari Z yang acak dan Z_1 juga merupakan himpunan wilayah acak dari Z selain Z_0
3. Buat 2 himpunan baru yakni Z_0' terdiri dari wilayah Z_1 yang berbatasan dengan Z_0 dan Z_1' terdiri dari wilayah Z_1 yang tidak berbatasan dengan Z_0
4. Ulangi langkah 3 hingga Z_0 dan Z_1 menjadi himpunan kosong.
5. Jika Z_1 menjadi himpunan kosong terlebih dahulu maka Z adalah berhubungan, jika Z_0 kosong terlebih dahulu maka Z tidak berhubungan.
6. Ulangi langkah 2-5 hingga terbentuk maksimum L wilayah.

Prosedur untuk mendapatkan *p-value* dengan pendekatan *Monte Carlo* adalah sebagai berikut.

1. Menghitung penjumlahan nilai *log likelihood ratio* tertinggi t_0 untuk data riil.
2. Membangun data acak yang ukurannya sama dengan data riil yang dibangun di bawah kondisi H_0 .
3. Melakukan proses pembentukan *scanning window* Z dari data acak yang dibangun berdasarkan kondisi H_0 .
4. Mencari nilai *log likelihood ratio* dari setiap *scanning window*, dan dicatat apakah jumlah kasus yang diamati lebih besar atau lebih kecil dari yang diestimasi, kemudian menjumlahkan nilai *log likelihood ratio* yang jumlah kasusnya lebih besar dari jumlah yang diestimasi, untuk setiap *scanning window*. Langkah selanjutnya, mendapatkan penjumlahan nilai *log likelihood ratio* yang tertinggi dari simulasi pertama pembangunan data acak tersebut.
5. Mengulang langkah 2, 3, dan 4 sebanyak m kali pengulangan/simulasi, sehingga memperoleh m penjumlahan nilai *log likelihood ratio* tertinggi dari data acak dan data riil.

Hitung *p-value*,
$$p = \frac{\text{banyaknya } (T(x) \geq t_0)}{m+1}$$

t_0 menyatakan penjumlahan nilai *log likelihood ratio* tertinggi. $T(x)$ adalah penjumlahan nilai *log likelihood ratio* dari data acak yang dibangun di bawah kondisi H_0 . m adalah banyaknya simulasi untuk membangun data. Jika *P-value* $< \alpha$ maka tolak H_0 yang berarti bahwa *window* Z adalah wilayah kantong yang signifikan [12].

G. ISPA (Infeksi Saluran Pernafasan Akut)

ISPA adalah infeksi saluran pernafasan yang dapat berlangsung sampai 14 hari. Secara klinis ISPA ditandai dengan gejala akut akibat infeksi yang terjadi di setiap bagian saluran pernafasan dengan berlangsung tidak lebih dari 14 hari. ISPA merupakan kelompok penyakit yang kompleks dan heterogen, yang disebabkan oleh 300 lebih jenis virus, bakteri, dan jamur [3]. Faktor paling utama yang mempengaruhi ISPA adalah rokok dan polusi udara. Faktor-faktor yang mempengaruhi ISPA yaitu penggunaan bahan bakar untuk memasak dan kepadatan

hunian rumah. Suatu studi melaporkan bahwa upaya penurunan angka kesakitan ISPA dapat dilakukan diantaranya dengan cara membuat ventilasi yang cukup untuk mengurangi polusi asap dapur dan mengurangi polusi udara lainnya. [4].

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Pemerintah Kabupaten Bojonegoro pada tahun 2012-2015. Data tersebut adalah jumlah kejadian penyakit ISPA yang terdapat pada 27 kecamatan.

B. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah jumlah penyakit ISPA tahunan pada tiap kecamatan di Kabupaten Bojonegoro mulai tahun 2012 sampai 2015. Untuk mengetahui salah satu gambaran karakteristik tiap kecamatan di Kabupaten Bojonegoro digunakan variabel jumlah dan kepadatan penduduk.

C. Metode Analisis Data

Tahapan analisis data dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan persebaran penyakit ISPA di Kabupaten Bojonegoro pada tahun 2012-2015
2. Pembuatan peta sebaran penyakit ISPA dengan *Spatial Pattern Analysis*
 - a. Mengidentifikasi pola sebaran kejadian penyakit ISPA berdasarkan indeks Moran's I
 - b. Menguji dependensi spasial indeks Moran's I
 - c. Mengidentifikasi pola sebaran kejadian penyakit ISPA berdasarkan indeks Geary's C
 - d. Menguji dependensi spasial indeks Geary's C
 - e. Membuat dan menganalisis Moran's Scatterplot
 - f. Menguji dependensi spasial lokal menggunakan LISA
 - g. Membuat peta *hotspot* kejadian ISPA berdasarkan hasil pengujian LISA
3. Mendeteksi kelompok daerah yang menjadi *hotspot* penyakit ISPA dengan *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic*
 - a. Mengidentifikasi kandidat kantong ISPA/*hotspot* dengan algoritma metode *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic*. Penentuan *pre-set maximum number* mengacu pada *pre-set maximum number* yang digunakan pada metode *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic*
 - b. Menghitung jumlah populasi dan jumlah kasus untuk setiap kantong ISPA
 - c. Menghitung fungsi *log likelihood* dari setiap kantong ISPA kemudian menguji signifikansi kantong ISPA dengan simulasi Monte Carlo untuk mendapatkan *p-value*
 - d. Menghitung *Relative Risk* untuk setiap kantong ISPA
 - e. Membuat peta *hotspot* penyakit ISPA berdasarkan kantong ISPA yang signifikan

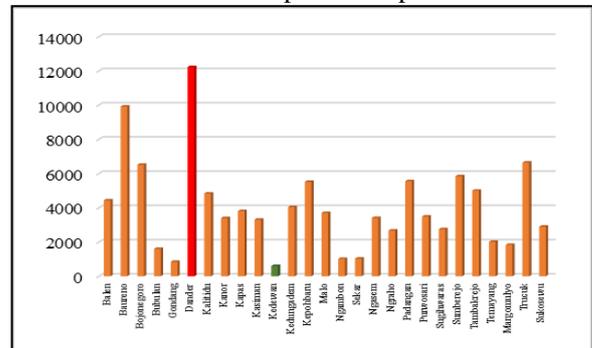
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Kejadian Penyakit ISPA di Kabupaten Bojonegoro

Berikut ini hasil deskripsi data kejadian ISPA di Kabupaten Bojonegoro berdasarkan kecamatan dan waktu.

1) Kejadian Penyakit ISPA Menurut Kecamatan

Kejadian ISPA di Kabupaten Bojonegoro pada setiap kecamatan memiliki karakteristik yang beragam. Deskripsi rata-rata data ISPA tahun 2012-2015 pada setiap kecamatan secara visual dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rata-rata Kejadian ISPA Pada Tiap Kecamatan di Bojonegoro

Batang yang berwarna merah menggambarkan kecamatan dengan rata-rata jumlah kejadian ISPA tertinggi yaitu kecamatan Dander dengan rata-rata jumlah ISPA sebesar 12231. Kecamatan dengan rata-rata kejadian ISPA terendah ditunjukkan oleh batang yang berwarna hijau yaitu kecamatan Kedewan dengan rata-rata jumlah ISPA sebesar 606,25.

2) Kejadian Penyakit ISPA Menurut Waktu

Berikut deskripsi kejadian ISPA di kabupaten Bojonegoro berdasarkan waktu yaitu tahun 2012-2015.

TABEL 1. NILAI RATA-RATA DAN RAGAM KEJADIAN PENYAKIT ISPA DI KABUPATEN BOJONEGORO TAHUN 2012 SAMPAI 2015

Tahun	Rata-rata	Ragam
2012	4158,63	6939506
2013	3767,23	7062548
2014	4056,33	8719981
2015	4147,96	9145321

Berdasarkan waktu (tahun) pada Tabel 1, menunjukkan bahwa kejadian ISPA di Kabupaten Bojonegoro paling banyak terjadi pada tahun 2012 yaitu dengan rata-rata jumlah kejadian sebesar 4158,63. Pada tahun 2013 rata-rata jumlah kejadian ISPA turun menjadi sebesar 3767,23. Setelah itu, pada tahun 2014 dan 2015 rata-rata jumlah kejadian ISPA naik kembali masing-masing menjadi sebesar 4056,33 dan 4147,96.

B. Hubungan Kejadian ISPA antar Kecamatan dan Pola Persebarannya Menggunakan *Spatial Pattern Analysis*

Pola persebaran kejadian ISPA tahun 2012-2015 terindikasi mengelompok. Hal ini ditunjukkan oleh nilai indeks Moran's I yang lebih besar daripada E(I). Hasil perhitungan indeks Moran's I, E(I), var (I), dan Z_{hitung} per tahun mulai dari tahun 2012 sampai tahun 2015 dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2. NILAI INDEKS MORAN'S I, E(I), VAR(I), DAN Z_{HITUNG} KEJADIAN ISPA DI BOJONEGORO TAHUN 2012-2015

Tahun	I	E(I)	Var(I)	Z_{hitung}	P-value
2012	0,30136	-0,03846	0.01336	2,94	0,0033

2013	0,24083	-0,04000	0,01258	2,50	0,0124
2014	0,15123	-0,03846	0,01498	1,55	0,1211
2015	0,16960	-0,03846	0,01534	1,68	0,0929

Berdasarkan pengujian mengenai adanya autokorelasi spasial menggunakan indeks Moran's I pada Tabel 2, menunjukkan bahwa terdapat autokorelasi spasial pada tahun 2012 yang signifikan pada $\alpha > 0,33\%$, pada tahun 2013 signifikan pada $\alpha > 1,24\%$, pada tahun 2014 signifikan pada $\alpha > 12,11\%$, serta pada tahun 2015 signifikan pada $\alpha > 9,29\%$.

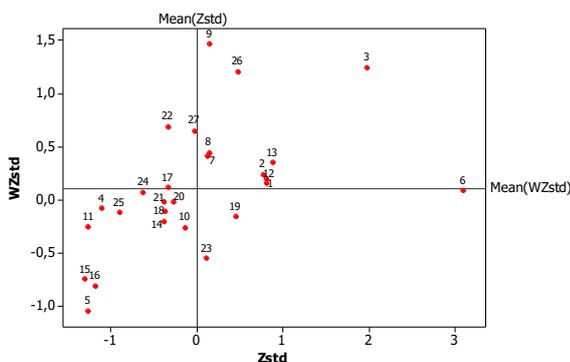
Nilai indeks Geary's C mengindikasikan bahwa pada tahun 2012-2015 jumlah kejadian ISPA di Kabupaten Bojonegoro memiliki pola mengelompok. Hal ini ditunjukkan dengan nilai indeks Geary's C yang terletak antara 0 dan 1. Hasil perhitungan indeks Geary's C, Var(C), dan Z_{hitung} selengkapnya disajikan pada Tabel 3.

TABEL 3. NILAI INDEKS GEARY'S C, VAR(C), DAN Z_{hitung} KEJADIAN ISPA DI BOJONEGORO TAHUN 2012-2015

Tahun	C	Var(C)	Z_{hitung}	P-value
2012	0,7017	0,0363	-1,5657	0,0594
2013	0,7176	0,0375	-1,4583	0,0735
2014	0,7646	0,0371	-1,2221	0,1112
2015	0,6773	0,0344	-1,7399	0,0409

Berdasarkan pengujian terhadap adanya autokorelasi spasial menggunakan indeks Geary's C pada Tabel 3, menunjukkan bahwa terdapat autokorelasi spasial pada tahun 2012 yang signifikan dengan $\alpha > 5,94\%$, pada tahun 2013 signifikan pada $\alpha > 7,35\%$, pada tahun 2014 signifikan pada $\alpha > 11,12\%$, serta pada tahun 2015 yang signifikan pada $\alpha > 4,09\%$.

ISPA pada tahun 2012 merupakan angka kejadian tertinggi dibandingkan dengan angka kejadian pada tahun-tahun yang lain pada 4 tahun terakhir. Oleh karena itu, pembahasan selanjutnya menggunakan data pada tahun 2012. Berdasarkan hasil Moran's scatterplot pada tahun 2012, dapat diketahui bahwa sebagian besar angka kejadian ISPA di tiap kecamatan di Kabupaten Bojonegoro pada tahun 2012 menyebar di kuadran I (HH) dan 3 (LL). Sebaran titik merah pada Gambar 4 merupakan kecamatan yang menyebar berdasarkan pengaruhnya terhadap kecamatan yang bersebelahan (bertetangga). Sumbu X (horisontal) pada Gambar 4 merupakan jumlah kejadian ISPA tiap kecamatan yang telah distandarisasi dan sumbu Y (vertikal) merupakan rata-rata jumlah kejadian ISPA kecamatan tetangga yang telah distandarisasi.



Keterangan :

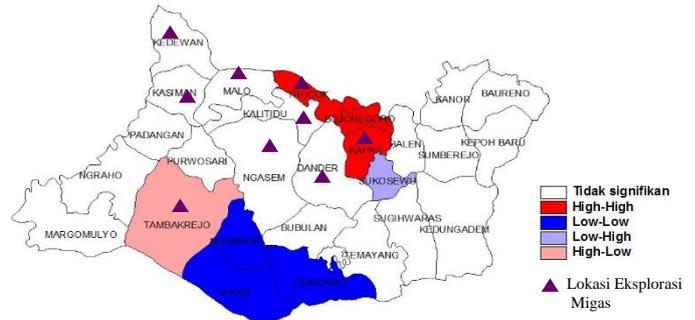
Kuadran HH	Kuadran LH	Kuadran LL	Kuadran HL
1. Balen	17. Ngasem	4. Bubulan	6. Dander
2. Baureno	22. Sumberejo	5. Gondang	19. Padangan
3. Bojonegoro	27. Sukosewu	10. Kasiman	23. Tambakrejo
7. Kalitidu		11. Kedewan	

8. Kanor	14. Malo
9. Kapas	15. Ngambon
12. Kedungadem	16. Sekar
13. Kepohbaru	18. Ngraho
26. Trucuk	20. Purwosari
	21. Sugihwaras
	24. Temayang
	25. Margomulyo

Gambar 4. Moran's Scatterplot Penderita ISPA di Kabupaten Bojonegoro Tahun 2012

C. Pendeteksian Hotspot ISPA Menggunakan LISA dan Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic

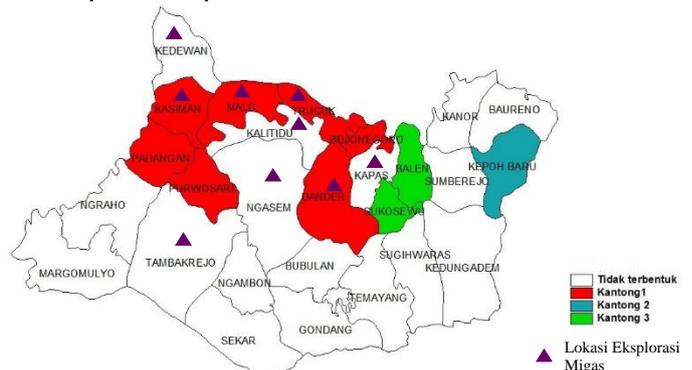
Analisis wilayah yang menjadi hotspot dan coldspot kejadian ISPA menggunakan hasil pengujian LISA didasarkan pada adanya aspek autokorelasi spasial pada suatu wilayah (hubungan suatu wilayah dengan wilayah lainnya). Hasil pendeteksian hotspot dan coldspot kejadian ISPA di Bojonegoro secara visual pada tahun 2012 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Hotspot Kejadian ISPA di Bojonegoro Tahun 2012 Berdasarkan Hasil Pengujian LISA

Wilayah yang menjadi hotspot yaitu kuadran I (HH) meliputi kecamatan Trucuk, Bojonegoro, dan Kapas. Selain itu wilayah yang menjadi hotspot adalah kuadran IV (HL) meliputi kecamatan Tambakrejo. Wilayah dalam kuadran II (LH) merupakan coldspot kejadian ISPA meliputi kecamatan Sukosewu. Sedangkan wilayah dalam kuadran III (LL) meliputi kecamatan Sekar, Ngambon, dan Gondang tergolong wilayah yang aman.

Selanjutnya, pendeteksian wilayah yang menjadi hotspot kejadian ISPA di Kabupaten Bojonegoro dilakukan menggunakan metode flexibly shaped spatial scan statistic. Hasil deteksi kantong ISPA menggunakan memberikan informasi bahwa pada tahun 2012 terbentuk 4 kantong ISPA di Kabupaten Bojonegoro, namun hanya 3 kantong yang signifikan. Kantong pertama terdiri dari 7 kecamatan, kantong kedua dan keempat terdiri dari 1 kecamatan, kantong ketiga terdiri 2 kecamatan. Untuk mengetahui letak kantong ISPA secara visual pada tahun 2012 dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta Kantong ISPA di Bojonegoro Tahun 2012 dengan flexibly shaped spatial scan statistic

Kantong pertama terdiri dari 7 kecamatan yaitu Bojonegoro, Dander, Trucuk, Malo, Kasiman, Padangan, dan Purwosari. Wilayah tersebut merupakan wilayah yang paling rawan dengan resiko relatif sebesar 1,413. Kantong kedua terdiri dari 1 kecamatan yaitu Kepohbaru dengan resiko relatif sebesar 1,142. Kantong ketiga terdiri dari 2 kecamatan yaitu Balen dan Sukosewu dengan resiko relatif sebesar 1,079.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Jumlah kejadian ISPA di Kabupaten Bojonegoro selama 4 tahun terakhir paling tinggi terjadi pada tahun 2012. Kecamatan yang konsisten dengan jumlah kejadian ISPA tertinggi adalah kecamatan Dander. Selain itu, kecamatan Baureno juga merupakan kecamatan yang konsisten dengan jumlah kejadian ISPA yang tinggi selama 4 tahun terakhir.

Hasil pengujian menggunakan indeks Moran's I menunjukkan bahwa terdapat autokorelasi spasial pada tahun 2012 dan 2013 yang signifikan pada $\alpha=5\%$, pada tahun 2014 dan 2015 signifikan pada $\alpha>5\%$ namun tidak sampai lebih dari 15%. Sementara dengan menggunakan indeks Geary's C menunjukkan bahwa terdapat autokorelasi spasial pada tahun 2015 yang signifikan pada $\alpha=5\%$ dan pada tahun 2012, 2013, 2014 yang signifikan pada $\alpha>5\%$ namun tidak sampai lebih dari 15%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa indeks Moran's I lebih sensitif dalam mendeteksi adanya autokorelasi spasial dibanding dengan indeks Geary's C.

Berdasarkan hasil pengujian LISA, kecamatan yang menjadi *hotspot* kejadian ISPA meliputi wilayah yang termasuk dalam kuadran I (HH) yaitu Trucuk, Bojonegoro, dan Kapas. Selain itu, wilayah yang menjadi *hotspot* kejadian ISPA adalah yang termasuk dalam kuadran IV (HL) meliputi kecamatan Tambakrejo. Wilayah yang menjadi *coldspot* adalah yang termasuk dalam kuadran II (LH) meliputi kecamatan Sukosewu. Sementara itu, wilayah yang termasuk dalam kuadran III (LL) meliputi kecamatan Sekar, Ngambon, dan Gondang tergolong wilayah yang aman. Dengan menggunakan *flexibly shaped spatial scan statistic* diperoleh 3 kantong ISPA yang signifikan. Kantong pertama terdiri dari 7 kecamatan yaitu Bojonegoro, Dander, Trucuk, Malo, Kasiman, Padangan, dan Purwosari dengan resiko relatif sebesar 1,413. Kantong kedua terdiri dari 1 kecamatan yaitu Kepohbaru dengan resiko relatif sebesar 1,142. Kantong ketiga terdiri dari 2 kecamatan yaitu Balen dan Sukosewu dengan resiko relatif sebesar 1,079.

B. Saran

Hasil pendeteksian *hotspot* ISPA menggunakan LISA lebih bermanfaat sebagai *early warning* jangka panjang

terhadap serangan penyakit ISPA. Hal ini dikarenakan hasil deteksi *hotspot* menggunakan LISA didasarkan pada adanya aspek autokorelasi, sehingga dapat diketahui potensi pengaruh daerah tersebut pada kondisi yang akan datang didasarkan pada kondisi saat ini. Sedangkan hasil pendeteksian *hotspot* menggunakan *flexibly shaped spatial scan statistic* lebih bermanfaat untuk mendeksi *hotspot* pada waktu tertentu karena didasarkan pada tingginya prevalensi kejadian ISPA di suatu wilayah pada waktu tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Khaw, P. (2014). *Dampak Industrialisasi Migas Terhadap Lingkungan Bojonegoro*. [http://artikelsekolahpenting.blogspot.co.id/2014/11/dampak-industrialisasi-migas-terhadap.html], diakses pada tanggal 15 Desember 2015.
- [2] Hasan, R. (2012). *Ribuan Warga di Kawasan Blok Cepu Terkena Ispa*. [http://www.lensaindonesia.com/2012/10/09/celaka-ribuan-warga-di-kawasan-blok-cepu-terkena-isp.html], diakses pada tanggal 17 Desember 2015.
- [3] LITBANGKES. (2004). *Kajian Riset Operasional Intensifikasi Pemberantasan Penyakit Menular Tahun 1998/1999-2003*. Jakarta: Direktorat Jendral Pemberantasan Penyakit Menular Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Departemen Kesehatan.
- [4] Achmadi. (1993) *Faktor Penyebab Penyakit ISPA*. Jakarta: Gramedia.
- [5] Hidayah, R. N. (2014). *Pemodelan Proporsi Kasus Penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) bagian Atas pada Balita di Kabupaten Gresik dengan Geographically Weighted Regression*. Surabaya: Program Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] Curtis, J. A., & Lee, A. W. (2010). *Spatial Pattern of Diabetes Related SHealth Problems for Vulneral Populations in Los Angeles*. USA.
- [7] Arrowiyah. (2011). *Spatial Pattern Analysis Kejadian Penyakit Demam Berdarah Dengue untuk Informasi Early Warning Bencana di Kota Surabaya*. Surabaya: Program Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [8] Maghfiroh, F. N. (2014). *Pemodelan Kasus Pneunomia Balita di Kota Surabaya dengan GWPR dan Flexibly Shaped Scan Statistic*. Surabaya: Program Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [9] Lee, J., & Wong, D. W. (2001). *Statistical Analysis With Arcview GIS*. New York: John Willey & Sons, Inc.
- [10] Anselin, L. (2002). *Spatial Weights*. [http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutorials/software/geoda/tutorials/w8_weights.pdf], diakses pada tanggal 17 Desember 2015.
- [11] Kartika, Y. (2007). *Pola Penyebaran Spasial Demam Berdarah Dengue di Kota Bogor tahun 2005*. Bogor: Skripsi Program Sarjana tidak dipublikasikan, Institut Pertanian Bogor.
- [12] Tango, T., & Takahashi, K. (2005). A flexibly shaped spatial scan statistic for detecting clusters. *International Journal of Health Geographics*.