

PENERAPAN METODE *KULLDORFF'S SPATIAL SCAN STATISTIC* UNTUK MENDETEKSI KASUS KECELAKAAN DI INDONESIA

Agung Martanto¹, Rokhana Dwi Bekti²

^{1,2)} Jurusan Statistika, Fakultas Sains Terapan, IST AKPRIND Yogyakarta
e-mail: agungmt28@gmail.com

Abstract. *A traffic accident is a collision incident involving a motorized vehicle with an object / other vehicle and causing damage, sometimes this accident can result in injury or death. The role of the government is needed to minimize the number of victims, especially those who died. This study aims to detect accident hotspots in Indonesia using the Kulldorff's Spatial Scan Statistics method with the Bernoulli opportunity model. The data used in the form of secondary data on accident data in 31 POLDA scattered throughout Indonesia in 2019, sourced from the National Police Traffic Police. As supporting data are longitude and latitude coordinate data throughout 31 POLDA areas. In this study two rules are used to detect hotspots as a comparison, namely the percentage of risk in the population of 25% and 10%. For the first rule, 25% are detected as many as five hotspots with a total of 19 locations covered by POLDA. For the second rule, 10% are detected as many as five hotspots with a total of 16 locations covered by POLDA.*

Keywords: *hotspot, traffic accident, Kulldorff's Spatial Scan Statistics*

Abstrak. *Kecelakaan lalu lintas adalah kejadian tabrakan yang melibatkan sebuah kendaraan bermotor dengan benda/kendaraan lain dan menyebabkan kerusakan, kadang kecelakaan ini dapat mengakibatkan luka-luka atau kematian. Peran pemerintah diperlukan untuk meminimalisir jumlah korban terutama korban yang meninggal dunia. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi hotspot kasus kecelakaan di Indonesia menggunakan metode Kulldorff's Spatial Scan Statistic dengan model peluang Bernoulli. Data yang digunakan berupa data sekunder tentang data kecelakaan di 31 POLDA yang tersebar di seluruh Indonesia pada tahun 2019, bersumber dari Korlantas POLRI. Sebagai data pendukung adalah data koordinat longitude dan latitude seluruh wilayah 31 POLDA. Dalam penelitian ini digunakan dua aturan untuk mendeteksi hotspot sebagai perbandingan, yaitu persentase risiko dalam populasi sebanyak 25% dan 10%. Untuk aturan yang pertama yaitu 25% terdeteksi sebanyak lima hotspot dengan total lokasi yang tercakup adalah sebanyak 19 POLDA. Untuk aturan yang kedua yaitu 10% terdeteksi sebanyak lima hotspot dengan total lokasi yang tercakup adalah sebanyak 16 POLDA.*

Kata kunci : *hotspot, kecelakaan lalu lintas, Kulldorff's Spatial Scan Statistic*

1. PENDAHULUAN

Semakin marak peredaran kendaraan bermotor dan minat masyarakat terhadap kendaraan ringan terutama sepeda motor maka akan menambah resiko angka kecelakaan di jalan raya. Berdasarkan data dari POLRI diketahui bahwa sepeda motor merupakan penyumbang angka kecelakaan terbanyak di Indonesia yang mengalami peningkatan setiap tahun. Sementara itu faktor-faktor yang mempengaruhi kecelakaan lalu lintas secara tidak langsung adalah kepadatan penduduk, kondisi jalan, serta kondisi pengemudi/pengguna jalan.

Kecelakaan lalu lintas adalah kejadian tabrakan yang melibatkan sebuah kendaraan bermotor dengan benda/kendaraan lain dan menyebabkan kerusakan. Kadang kecelakaan ini dapat mengakibatkan luka-luka atau kematian manusia atau binatang (WHO, 2004). Kecelakaan lalu lintas merupakan kejadian yang sulit untuk diprediksi kapan dan dimana akan terjadinya. Berdasarkan Pasal 1 angka 24 Undang Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan yang dimaksud dengan kecelakaan lalu lintas adalah suatu peristiwa di jalan yang tidak diduga dan tidak disengaja melibatkan kendaraan dengan

atau tanpa pengguna jalan lain yang mengakibatkan korban manusia dan/atau kerugian harta benda.

Sementara dalam Pasal 93 Peraturan Pemerintah No. 43 Tahun 1993 ayat 1 tentang Prasarana Jalan Raya dan Lalu Lintas, kecelakaan lalu lintas dapat diartikan sebagai suatu peristiwa di jalan raya yang tidak disangka-sangka dan tidak disengaja, melibatkan kendaraan dengan atau tanpa pemakai jalan lainnya, mengakibatkan korban manusia atau kerugian harta benda. Korban kecelakaan lalu lintas dapat berupa korban mati, luka berat dan luka ringan dan diperhitungkan paling lama 30 (tiga puluh) hari setelah kecelakaan terjadi.

Berdasarkan data terkini dari POLRI diperoleh bahwa kasus kecelakaan paling banyak terjadi di Pulau Jawa dengan peringkat pertama di wilayah Jawa Timur dengan total korban sebanyak 9616 orang dan total korban yang meninggal dunia sebanyak 1305 orang. Kemudian disusul Jawa Tengah dengan total korban sebanyak 7910 orang dan total korban yang meninggal dunia sebanyak 1030 orang. Dengan demikian hal ini yang menarik untuk diteliti dengan melakukan deskripsi serta pendeteksian kasus kecelakaan di Indonesia sehingga dapat memudahkan pihak-pihak terkait untuk lebih memfokuskan pada suatu titik rawan kecelakaan. Salah satu model pengelompokan kasus yang dapat digunakan adalah metode *Kulldorff's spatial scan statistic*. Metode *Kulldorff's spatial scan statistic* adalah suatu metode statistika yang digunakan untuk mendeteksi hotspot dalam suatu wilayah yang signifikan secara statistik terhadap risiko kasus tertentu (Patil dan Taillie dalam Sodik 2008).

Penelitian yang sudah menggunakan metode *Kulldorff's spatial scan statistic* adalah penelitian yang disusun oleh Pebrian (2015) yang bertujuan untuk mendapatkan hotspot atau titik paling rawan kasus pernikahan dini di Jawa Barat.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang bersumber dari <http://korlantas.polri.go.id/statistik-2/> yaitu data jumlah korban kasus kecelakaan di Indonesia pada tahun 2019. Sebagai penunjang penelitian juga diambil data koordinat latitude dan longitude untuk setiap Provinsi atau wilayah POLDA di Indonesia yang bersumber dari *google maps*. Populasi data pada penelitian ini merupakan data jumlah korban kecelakaan lalulintas di Indonesia. Sedangkan sampel pada penelitian ini adalah jumlah korban meninggal dunia kasus kecelakaan di Indonesia. *Software* yang digunakan untuk membantu analisis adalah *SatScan*.

2.2 Metode

2.2.1 *Kulldorff's Spatial Scan Statistic*

Statistik pemindaian spasial (*spatial scan statistic*) adalah suatu metode statistika yang digunakan untuk mendeteksi *hotspot* dalam suatu wilayah yang signifikan secara statistik terhadap risiko kasus tertentu. Sementara itu, *hotspot* didefinisikan sebagai sesuatu yang tak biasa, aneh, dan pengelompokan suatu kasus pada area kritis yang memiliki tingkat risiko yang tinggi. Metode ini diterapkan pada berbagai disiplin ilmu, seperti kesehatan dan sosial ekonomi, (Patil dan Taillie dalam Sodik 2008).

Langkah-langkah perhitungan metode *Kulldorff's Spatial Scan Statistic* (Kulldorff,2014) :
Algoritma *Scanning Window*.

Dalam langkah pertama yaitu pembentukan zona. Zona adalah suatu area yang potensial untuk menjadi hotspot. Dalam penelitian ini wilayah yang menjadi potensial zona adalah

wilayah Propinsi atau POLDA di Indonesia. Langkah dalam pembentukan zona adalah sebagai berikut :

1. Pilih satu zona secara sembarang yang diwakili oleh titik koordinat pusat zona tersebut. Kemudian hitung jarak Euclidean (d) antara titik koordinat pusat zona terpilih dengan titik koordinat pusat zona lainnya, dengan cara :

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - y_i)^2 + (x_j - y_j)^2} \quad (2.1)$$

2. Urutkan jarak tersebut dari yang terdekat sampai dengan yang terjauh
3. Ulangi langkah 1 dan 2 untuk seluruh zona
4. Menentukan satu zona secara sembarang yang diwakili oleh titik koordinat pusatnya
5. Membuat suatu lingkaran dengan pusatnya titik koordinat pusat zona tersebut dan perbesar secara kontinu radius atau diameter lingkaran tersebut sesuai dengan urutan dalam array
6. Ulangi langkah 4 dan 5 untuk seluruh zona. Kemudian, hitung risiko relatif dan rasio kemungkinan pada setiap kemungkinan zona yang terbentuk.

Perhitungan Risiko Relatif.

Risiko relatif (RR) adalah sebuah nilai yang merepresentasikan seberapa besar risiko suatu zona terhadap kasus yang sedang dikaji. Jika nilai RR lebih besar dari 1 maka zona tersebut memiliki risiko yang tinggi dan dipilih sebagai kandidat hotspot, sedangkan RR kurang dari 1 menunjukkan tingkat risiko yang rendah terhadap kasus yang dihadapi (Kulldorff, 2014). Risiko relatif dihitung dengan cara

$$RR = \frac{n_z}{E(Z)} \quad (1)$$

dengan,

$$E(Z) = N_z \left(\frac{n_G}{N_G} \right) \quad (2)$$

Uji Hipotesis

Statistik pemindaian spasial menggunakan model peluang yang berbeda berdasarkan kondisi data. Model peluang Bernoulli digunakan jika di lapangan ditemukan variabel dikotomi. Kategori dalam variabel tersebut dapat berupa kasus dan bukan kasus, sedangkan model peluang Poisson digunakan untuk jumlah kasus dibandingkan dengan jumlah populasi yang ada di suatu daerah (Kusumastuti 2007). Berdasarkan Kulldorff (1997) hipotesis dalam model peluang Bernoulli pada metode statistik pemindaian spasial yaitu:

$$H_0 : p_z = p_G$$

$$H_1 : p_z \neq p_G$$

dengan p_Z adalah peluang individu sebagai kasus di dalam zona dan p_G adalah peluang individu sebagai kasus di luar zona. Jika H_0 benar, maka $n_Z \sim \text{Binomial}(N_Z, p_Z) \forall A$, sedangkan jika H_1 benar, maka $n_A \sim \text{Binomial}(N_A, p_Z)$ untuk $A \subset Z$ dan $n_A \sim \text{Binomial}(N_A, p_G)$ untuk $A \subset Z^c$. Fungsi kemungkinan untuk model peluang Bernoulli pada suatu zona, yaitu $L(Z), Z \in Z$

$$L(Z) = \begin{cases} [p_Z]^{n_Z} [1 - p_Z]^{N_Z - n_Z} [p_G]^{n_G - n_Z} [1 - p_G]^{(N_G - N_Z) - (n_G - n_Z)}; & \text{jika } p_Z > p_G \\ \left[\frac{n_G}{N_G} \right]^{n_G} \left[\frac{N_G - n_G}{N_G} \right]^{N_G - n_G} & ; \text{lainnya} \end{cases} \quad (3)$$

Fungsi tersebut mencapai maksimum ketika $p_Z = \frac{n_Z}{N_Z}$ dan $p_G = \frac{n_G - n_Z}{N_G - N_Z}$. Rasio kemungkinan (λ) atau *Log Likelihood Ratio (LLR)* untuk model peluang Bernoulli adalah:

$$\lambda = \frac{\sup_{p_Z \in Z, p_Z > p_G} L(Z)}{\sup_{p_Z \in Z, p_Z = p_G} L(Z)} = \frac{L(Z)}{L_0} \quad (4)$$

Pengujian hipotesis pada metode *spatial scan statistic* juga dapat menggunakan metode Monte Carlo. P-value diperoleh dari:

$$P - \text{value} = \frac{\text{banyaknya } t(x) \geq \lambda_0}{m + 1} \quad (5)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Dekriptif Data

Data yang digunakan adalah data korban kecelakaan di Indonesia tahun 2019. Data yang tersedia diambil tanggal 09 Maret 2019 untuk jumlah laka, korban meninggal dunia, korban luka ringan, korban luka berat dan total korban. Untuk mendeteksi kasus kecelakaan maka digunakan sebanyak dua perhitungan, yaitu persentase resiko 25% & persentase resiko 10%

Tabel 1 Data Kasus Kecelakaan

No	POLDA	Total Kasus	Persentase (%)
1	JATIM	1305	18,27
2	JATENG	1030	14,42
3	JABAR	838	11,73
4	SUMUT	502	7,03
5	METROJAYA	377	5,28
6	SULSEL	281	3,93
7	LAMPUNG	208	2,91
8	SUMSEL	202	2,83
9	ACEH	202	2,83
10	RIAU	199	2,79

Nilai persentase pada tabel 1 diatas diperoleh dari perbandingan kasus kecelakaan yang berakibat korban meninggal untuk setiap wilayah POLDA dengan total korban meninggal seluruhnya. Untuk menentukan *hotspot* pada suatu zona tidak hanya memandang persentase terbesar atau kasus terbanyak tetapi perlu diperhatikan juga hal-hal yang lain. Hal-hal yang perlu dipertimbangkan adalah nilai risiko relatif, nilai log likelihood ratio, serta *p-value*. Walaupun kesepuluh wilayah POLDA diatas memiliki angka kecelakaan terbanyak tetapi tidak menjamin wilayah itu akan mencakup dalam hotspot.

3.2 Perhitungan Metode Kulldorff's Spatial Scan Statistic

Pemilihan persentase akan berpengaruh pada pembentukan zona atau jumlah hotspot yang terbentuk akan berbeda. Dalam program Satscan tersedia maksimum persentase sebanyak 50% sehingga tidak memungkinkan zona yang terbentuk melebihi 50% total populasi dalam kasus atau sebagai contoh dalam penelitian ini terdapat 31 lokasi yang menjadi pusat penelitian, jika digunakan persentase 50% maka total lokasi yang menjadi anggota satu zona tidak akan mungkin melebihi 15 lokasi.

Tabel 2 Perhitungan dengan Persentase Risiko 25%

Hotspot	Wilayah/POLDA	n_z	$E(Z)$	RR
Primer	BABEL, LAMPUNG, SUMSEL, METROJAYA, BANTEN, BENGKULU, JAMBI, JABAR, RIAU, KALBAR	2362	1514,79	1,56
Sekunder 1	DIY, JATENG	1177	1605,87	0,73
Sekunder 2	SULTENG, GORONTALO, SULTRA, SULUT, SULSEL	571	830,96	0,69
Sekunder 3	JATIM	1305	1566,76	0,83
Sekunder 4	BALI	147	219,47	0,67

Berdasarkan tabel 2 diperoleh sebanyak lima hotspot yang terdeteksi berdasarkan perhitungan program Satscan dengan persentase risiko dalam populasi 25%. Hotspot utama yang terdeteksi adalah zona dengan titik pusat POLDA BABEL atau wilayah Bangka Belitung dengan total lokasi atau anggota wilayah POLDA adalah 10.

Tabel 3. Perhitungan Log Likelihood Ratio dengan Persentase Risiko 25%

Hotspot	LLR
Primer	329,491392
Sekunder 1	34,659297
Sekunder 2	93,585626
Sekunder 3	59,810193
Sekunder 4	16,287638

Perhitungan Log Likelihood Ratio (LLR) dengan model Bernoulli dilakukan sebagai syarat untuk pertimbangan memperoleh *hotspot*, terutama untuk menentukan *hotspot* primer yaitu dengan melihat nilai Log Likelihood Ratio (LLR) paling besar. Dalam tabel 3.3 terlihat bahwa nilai LLR paling besar adalah 329,491392 di *hotspot* utama dengan wilayah yang tercakup yaitu sebanyak sepuluh. Sehingga dapat dikatakan bahwa kesepuluh lokasi tersebut memiliki proporsi kasus kecelakaan dengan korban meninggal lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah yang lain jika digunakan persentase risiko dalam populasi sebanyak 25%. Sementara itu nilai LLR yang lain atau yang lebih kecil merupakan hotspot sekunder.

Tabel 4. Perhitungan dengan Persentase Risiko 10%

Hotspot	Wilayah/POLDA	n_z	$E(Z)$	RR
Primer	JABAR	838	492.71	1.70
Sekunder 1	KEPRI, KALBAR, BABEL, RIAU, KALTENG, JAMBI, SUMSEL	860	531.49	1.62
Sekunder 2	DIY	147	317.07	0.46
Sekunder 3	SULSEL	281	449.04	0.63
Sekunder 4	BANTEN	191	105.91	1.80
Sekunder 5	SULUT	89	164.07	0.54
Sekunder 6	BALI	147	219.47	0.67
Sekunder 7	SUMUT	502	415.80	1.21
Sekunder 8	METROJAYA	377	307.13	1.23
Sekunder 9	NTB	153	110.47	1.39

Dari tabel 4 diperoleh sebanyak sepuluh hotspot yang terdeteksi berdasarkan perhitungan program Satscan dengan persentase risiko dalam populasi 10% yaitu dengan hotspot utama yang terdeteksi adalah zona dengan titik pusat POLDA JABAR atau wilayah Jawa Barat dengan total lokasi atau anggota wilayah POLDA yang tercakup dalam zona tersebut hanya satu lokasi yaitu JABAR, dengan nilai risiko relatif terbesar yaitu 1,70 dengan total kasus sebanyak 838 dan nilai harapan kasus sebesar 492,71.

Tab 5. Perhitungan Log Likelihood Ratio dengan Persentase Risiko 10%

Hotspot	LLR
Primer	135.334963
Sekunder 1	115.856309
Sekunder 2	68.169910
Sekunder 3	44.800616
Sekunder 4	35.190209
Sekunder 5	24.363247
Sekunder 6	16.287638
Sekunder 7	10.798622
Sekunder 8	9.403791
Sekunder 9	9.090723

Dalam Tabel 5 terlihat bahwa nilai (LLR) paling besar adalah 135,334963 dengan wilayah yang tercakup adalah POLDA JABAR. Sehingga dapat dikatakan bahwa lokasi tersebut memiliki proporsi kasus kecelakaan dengan korban meninggal lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah yang lain jika digunakan persentase risiko dalam populasi sebanyak 10%.

3.3 Uji hipotesis Monte Carlo

Tujuan perhitungan ini adalah untuk mendapatkan nilai P-Value yang akan digunakan untuk membandingkan dengan nilai α pada pengujian hipotesis apakah hotspot yang terdeteksi signifikan secara statistik atau tidak.

Tabel 6. Perhitungan dengan Persentase Risiko 25%

Hotspot	LLR	P-Value
Primer	329,491392	$< 0,1 \times 10^{-16}$
Sekunder 1	34,659297	$< 0,84 \times 10^{-16}$

Hotspot	LLR	P-Value
Sekunder 2	93,585626	$< 0,1 \times 10^{-16}$
Sekunder 3	59,810193	$< 0,1 \times 10^{-16}$
Sekunder 4	16,287638	$< 0,11 \times 10^{-5}$

Sebagai contoh pada tabel 3.6 untuk *hotspot* primer jika dilakukan uji hipotesis dengan nilai $\alpha = 5\%$ lebih besar dari nilai P-Value maka H_0 ditolak. Artinya *hotspot* primer signifikan secara statistik atau peluang terjadi kecelakaan yang menyebabkan meninggal dunia di hotspot utama signifikan berbeda dengan hotspot-hotspot yang lain.

Tabel 7. Perhitungan dengan Persentase Risiko 25%

Hotspot	LLR	P-Value
Primer	135.334963	$< 0,1 \times 10^{-16}$
Sekunder 1	115.856309	$< 0,1 \times 10^{-16}$
Sekunder 2	68.169910	$< 0,1 \times 10^{-16}$
Sekunder 3	44.800616	$< 0,1 \times 10^{-16}$
Sekunder 4	35.190209	$0,78 \times 10^{-16}$
Sekunder 5	24.363247	$0,84 \times 10^{-10}$
Sekunder 6	16.287638	$0,47 \times 10^{-6}$
Sekunder 7	10.798622	$0,17 \times 10^{-3}$
Sekunder 8	9.403791	$0,74 \times 10^{-3}$
Sekunder 9	9.090723	$0,10 \times 10^{-2}$

Sebagai contoh pada tabel 7 untuk *hotspot* primer jika dilakukan uji hipotesis dengan nilai $\alpha = 5\%$ lebih besar dari nilai P-Value maka H_0 ditolak. Artinya *hotspot* primer signifikan secara statistik atau peluang terjadi kecelakaan yang menyebabkan meninggal dunia di hotspot utama signifikan berbeda dengan hotspot-hotspot yang lain.

Tabel 8. Perbandingan Persentase Risiko 25% & 10%

Persentase Risiko	Jumlah Hotspot	Wilayah/POLDA
25%	5	*BABEL, *LAMPUNG, *SUMSEL, *METROJAYA, *BANTEN, *BENGKULU, *JAMBI, *JABAR, *RIAU, *KALBAR, ¹ DIY, ¹ JATENG, ² SULTENG, ² GORONTALO, ² SULTRA, ² SULUT, ² SULSEL, ³ JATIM, ⁴ BALI
10%	10	*JABAR, ¹ KEPRI, ¹ KALBAR, ¹ BABEL, ¹ RIAU, ¹ KALTENG, ¹ JAMBI, ¹ SUMSEL, ² DIY, ³ SULSEL, ⁴ BANTEN, ⁵ SULUT, ⁶ BALI, ⁷ SUMUT, ⁸ METROJAYA, ⁹ NTB

Berdasarkan perbandingan kedua persentase risiko diperoleh sebanyak lima hotspot terdeteksi yang signifikan dengan 19 lokasi yang tercakup untuk persentase risiko 25%. Sementara itu diperoleh sebanyak sepuluh hotspot terdeteksi yang signifikan dengan 16 lokasi yang tercakup untuk persentase risiko 10%.

Hotspot Utama terdeteksi untuk persentase 25% adalah sebanyak 10 wilayah POLDA. Kesepuluh POLDA tersebut adalah BABEL, LAMPUNG, SUMSEL, METROJAYA, BANTEN, BENGKULU, JAMBI, JABAR, RIAU, KALBAR dengan nilai LLR yaitu sebesar 329,491392. Hotspot Utama terdeteksi untuk persentase 10% adalah sebanyak 1 wilayah POLDA. Wilayah POLDA tersebut adalah JABAR dengan nilai LLR yaitu sebesar 135.334963.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Diketahui bahwa pulau Jawa merupakan penyumbang angka kecelakaan tertinggi di Indonesia yang dipengaruhi oleh kepadatan penduduk yang tinggi serta jumlah korban paling banyak. Angka kecelakaan tertinggi yaitu Propinsi Jawa Timur kemudian disusul Jawa Tengah dan Jawa Barat dengan jumlah korban berturut-turut yaitu sebanyak 9616,7910 dan 3024.
2. Untuk mendapatkan *hotspot* yang terdeteksi maka digunakan sebanyak dua aturan sebagai perbandingan. Untuk aturan yang pertama yaitu dengan persentase resiko dalam populasi sebesar 25%. Diperoleh sebanyak lima *hotspot* yang terdeteksi dengan satu *hotspot* utama dan empat *hotspot* sekunder. *Hotspot* utama yang terdeteksi diperoleh total lokasi atau anggota wilayah POLDA adalah 10. Untuk hotspot sekunder pertama mencakup sebanyak 2 wilayah. Untuk hotspot sekunder kedua mencakup sebanyak 5 wilayah. Untuk *hotspot* sekunder ketiga mencakup 1 wilayah. Untuk *hotspot* sekunder ke-empat mencakup 1 wilayah. Sehingga total wilayah yang tercakup dalam *hotspot* dengan aturan pertama yaitu sebanyak 19 POLDA.
Untuk aturan yang kedua yaitu dengan persentase resiko dalam populasi sebesar 10%. Diperoleh sebanyak 10 *hotspot* yang terdeteksi dengan satu *hotspot* utama dan sembilan *hotspot* sekunder. *Hotspot* utama yang terdeteksi diperoleh total lokasi atau anggota wilayah POLDA adalah 1. Untuk hotspot sekunder pertama mencakup sebanyak 7 wilayah. Untuk *hotspot* sekunder kedua sampai dengan kesembilan masing-masing mencakup sebanyak 1 wilayah. Sehingga total wilayah yang tercakup dalam *hotspot* dengan aturan kedua yaitu sebanyak 16 POLDA.
3. Diperoleh daerah yang paling rawan terjadi kecelakaan lalulintas yang menyebabkan korban meninggal dunia yaitu wilayah yang tercakup dalam *hotspot*. Jika dilakukan dengan aturan yang pertama maka sebanyak 19 lokasi terdeteksi rawan kecelakaan. Wilayah tersebut adalah BABEL, LAMPUNG, SUMSEL, METROJAYA, BANTEN, BENGKULU, JAMBI, JABAR, RIAU, KALBAR, DIY, JATENG, SULTENG, GORONTALO, SULTRA, SULUT, SULSEL, JATIM, BALI.
Jika dilakukan dengan aturan yang kedua maka sebanyak 16 lokasi terdeteksi rawan kecelakaan. Wilayah tersebut adalah JABAR, KEPRI, KALBAR, BABEL, RIAU, KALTENG, JAMBI, SUMSEL, DIY, SULSEL, BANTEN, SULUT, BALI, SUMUT, METROJAYA, NTB. Dari kedua aturan tersebut dapat disimpulkan bahwa daerah yang terdeteksi paling rawan kecelakaan rata-rata merupakan wilayah-wilayah di Indonesia dengan kepadatan penduduk yang tinggi. Selain itu proporsi risiko dalam zona yang terbentuk juga mempengaruhi wilayah tersebut rawan kecelakaan lalulintas.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan tulisan ini, banyak pihak yang telah memberikan dukungan kepada penelitian ini. Peneliti menyampaikan terima kasih kepada Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta yang telah memberikan fasilitas sarana dan prasarana dalam pelaksanaan penelitian, serta kepada Bapak/Ibu Dosen Jurusan Statistika IST AKPRIND Yogyakarta atas arahan dan bimbingannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Korlantas POLRI. 2019. Jumlah Kejadian & Korban Kecelakaan. <http://korlantas.polri.go.id/statistik-2/> [09 Maret 2019]
- Kulldorff, M dan Nagarwala, N. 1995. Statistic in Medicine. Spatial Disease Cluster: Detection and Inference, p: 799-810.
- Kulldorff, M. 1997. A Spatial Scan Statistic. *Commun Statistics-Theory Meth*, Vol. 26(6), p: 1481-1496.
- Kulldorff, M. 2014. SaTScanTM User Guide for version 9.6. <http://www.satscan.org/> [19 Mei 2019]
- Kusnanto, Hari dkk. Pentingnya Analisis Cluster Berbasis Spasial dalam Penanggulangan Tuberkulosis di Indonesia. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, Vol. 8, 2013
- Kusumastuti, N. 2007. Spatial Scan Statistic untuk Data Ordinal. [skripsi]. Universitas Indonesia, Depok.
- Noviyanti, Reny Ari dan Zain, Ismaini. 2014. Prosiding Seminar Nasional Matematika. Pendekatan Small Area Estimation pada Scan Statistic Untuk Pendeteksian Kantong Kemiskinan, p: 73-89.
- Patil, GP dan Taillie, C. 2004. Upper Level Set Scan Statistic for Detecting Arbitrarily Shaped Hotspots. *Environmental and Ecological Statistics*, Vol. 11, p: 183-197.
- Pebrian. 2015. Pendeteksian Hotspot Kasus Pernikahan Dini Wanita di Jawa Barat Menggunakan Statistik Pemindaian Spasial (Spatial Scan Statistic). [Skripsi]. FMIPA IPB, Bogor.
- Putri, Indriani Kristianingsih. 2012. Pola Spasial Persebaran Penderita Penyakit Jiwa dan Syaraf Menggunakan Metode Kulldorff's Spatial Scan Statistic. [Skripsi]. Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.
- Putri, Nanda Eka. 2016. Pola Penyebaran dan Pemetaan Kejadian Demam Berdarah Dengue di Kota Surabaya Menggunakan Spatial Pattern Analysis dan Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic. [Skripsi]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Setyawan, Dodiet Aditya. Analisis Data Spasial dengan SatScan. POLTEKKES, Surakarta, 2012.
- Sodik, HJ. 2008. Spatial Scan Statistic for AIDS Hotspots Detection at Regencies and Municipalities in Java. [Skripsi]. Departemen Statistika FMIPA IPB, Bogor.
- Tango, T. dan Takahashi, K, "A Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic For Detecting Clusters", *International Journal of Health Geographics*, Volume 4:11, 2005.
- WHO, "World Health day: Road safety is no accident", 2004.