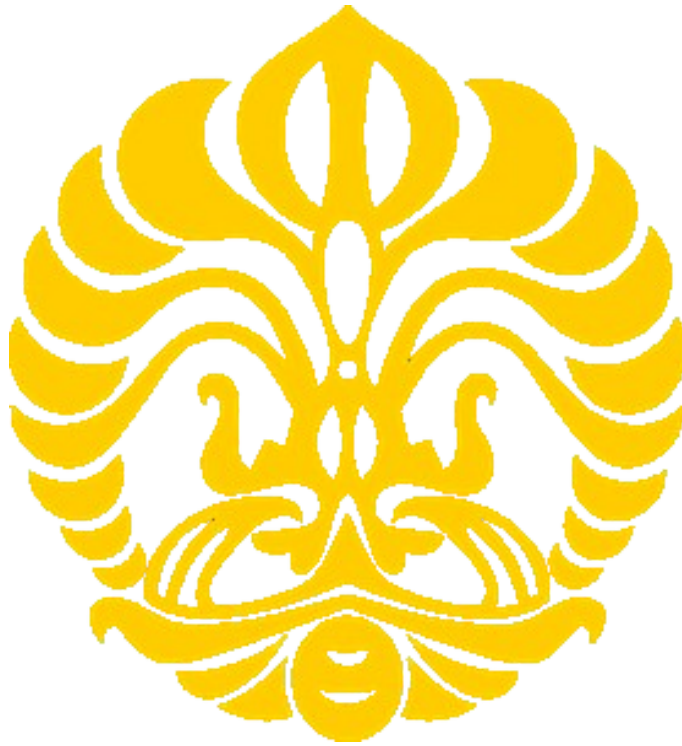


**LAPORAN ANALISIS DATA SPASIAL**  
***“HOTSPOT DETECTION TERHADAP JUMLAH KASUS***  
**KECELAKAAN LALU LINTAS BERDASARKAN**  
**KABUPATEN/KOTA DI SUMATERA UTARA PADA TAHUN**  
**2020-2022”**



Kelompok F

Ammar Hanafi	2206051582
Bryan Jonathan	2206052780
Renata Shaula Alfino Ritonga	2206815812

Departemen Matematika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Indonesia

2025

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK.....</b>	<b>2</b>
<b>BAB I.....</b>	<b>3</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>3</b>
1.1 Latar Belakang.....	3
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	4
<b>BAB II.....</b>	<b>5</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Hotspot Detection.....	5
2.2 Spatial Scan Statistics.....	5
2.3 Space-Time Scan Statistics.....	8
<b>BAB III.....</b>	<b>11</b>
<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>11</b>
3.1 Data Penelitian.....	11
3.2 Metode Analisis.....	11
<b>BAB IV.....</b>	<b>12</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>12</b>
4.1 Purely Spatial Poisson.....	12
4.1.1 Purely Spatial Poisson 2020.....	12
4.1.2 Purely Spatial Poisson 2021.....	17
4.1.3 Purely Spatial Poisson 2022.....	23
4.2 Space Time.....	29
<b>BAB V.....</b>	<b>35</b>
<b>PENUTUP.....</b>	<b>35</b>
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	35
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>37</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>38</b>
<b>Penilaian Kinerja Kelompok.....</b>	<b>61</b>

## ABSTRAK

Kecelakaan lalu lintas merupakan salah satu permasalahan utama di kota-kota besar, termasuk di Provinsi Sumatera Utara. Analisis pola kecelakaan sangat penting dalam upaya meningkatkan keselamatan jalan dengan mengidentifikasi wilayah yang memiliki kejadian lebih tinggi dibandingkan daerah sekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi *hotspot* kecelakaan lalu lintas di Sumatera Utara selama periode 2020-2022 menggunakan metode *Purely Spatial Poisson Scan Statistic* dan *Space-Time Scan Statistic* yang diterapkan melalui perangkat lunak SaTScan. Metode *Purely Spatial Poisson Scan Statistic* digunakan untuk mengidentifikasi distribusi spasial kecelakaan tanpa mempertimbangkan dimensi waktu, sedangkan *Space-Time Scan Statistic* memungkinkan analisis dinamika perubahan *hotspot* kecelakaan dari tahun ke tahun. Data yang digunakan mencakup jumlah kecelakaan lalu lintas di 27 kabupaten/kota di Sumatera Utara serta koordinat wilayah sebagai satuan pengamatan. Penelitian ini memberikan wawasan berbasis data yang dapat menjadi dasar bagi pemerintah dan pemangku kebijakan dalam merancang strategi pencegahan kecelakaan yang lebih efektif. Rekomendasi seperti peningkatan infrastruktur jalan, edukasi keselamatan berkendara, serta pengawasan lalu lintas yang lebih ketat di area berisiko tinggi dapat menjadi langkah strategis dalam menekan angka kecelakaan lalu lintas di Sumatera Utara.

**Kata Kunci:** Kecelakaan lalu lintas, *hotspot detection*, *spatial scan statistics*, *space-time scan statistics*, Sumatera Utara.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kecelakaan lalu lintas merupakan peristiwa yang melibatkan kendaraan bermotor dan menyebabkan cedera, kerusakan, atau kematian. Kecelakaan lalu lintas merupakan salah satu permasalahan utama yang dihadapi kota-kota besar di Indonesia, termasuk di Provinsi Sumatera Utara. Tingginya mobilitas penduduk dan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor menyebabkan peningkatan risiko kecelakaan lalu lintas yang berdampak pada tingginya angka kematian dan cedera. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Sumatera Utara, jumlah kecelakaan lalu lintas di provinsi ini menunjukkan variasi yang signifikan antar kabupaten/kota selama periode 2020 hingga 2022. Fenomena ini menunjukkan adanya pola spasial dalam kejadian kecelakaan yang perlu dianalisis lebih lanjut untuk mendukung upaya peningkatan keselamatan transportasi.

Dalam upaya mengidentifikasi pola kecelakaan lalu lintas, metode deteksi hotspot menjadi penting. Deteksi hotspot merupakan teknik dalam analisis spasial yang bertujuan untuk mengidentifikasi area dengan jumlah kejadian yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan wilayah sekitarnya. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk analisis ini adalah Scan Statistic, sebuah teknik statistik yang dikembangkan oleh Kulldorff (1997) untuk mendeteksi kluster kejadian secara spasial maupun *spatio-temporal*. Metode ini dapat membantu dalam mengidentifikasi area dengan tingkat kejadian kecelakaan yang tinggi secara statistik, sehingga dapat dijadikan dasar dalam perencanaan kebijakan transportasi yang lebih efektif.

Penelitian ini menggunakan dua metode utama dalam analisis hotspot kecelakaan lalu lintas. *Purely Spatial Poisson Scan Statistic* digunakan untuk mengidentifikasi pola distribusi spasial kecelakaan lalu lintas di Sumatera Utara tanpa mempertimbangkan dimensi waktu. Sementara itu, *Space-Time Scan Statistic* digunakan untuk menganalisis pola kecelakaan secara simultan dalam dimensi spasial dan temporal guna melihat dinamika perubahan hotspot kecelakaan selama periode 2020-2022. Dengan memanfaatkan perangkat lunak SatScan, penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi area dengan insiden kecelakaan yang secara statistik

signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah sekitarnya serta memahami bagaimana pola ini berubah dari tahun ke tahun.

Berdasarkan analisis yang dilakukan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih dalam mengenai pola kecelakaan lalu lintas di Sumatera Utara, sekaligus menjadi dasar bagi pengambilan keputusan berbasis data dalam perancangan kebijakan keselamatan jalan. Dengan deteksi hotspot yang akurat, intervensi keselamatan dapat lebih difokuskan pada area yang memiliki risiko tinggi, sehingga dapat mengurangi angka kecelakaan dan meningkatkan keselamatan bagi pengguna jalan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mendeteksi area hotspot kasus kecelakaan lalu lintas pada kabupaten/kota di Sumatera Utara pada tahun 2020-2022 menggunakan metode *Purely Spatial Scan Statistics Poisson*?
2. Bagaimana mendeteksi area hotspot kasus kecelakaan lalu lintas pada kabupaten/kota di Sumatera Utara pada tahun 2020-2022 menggunakan metode *Space Time Scan Statistics*?

## **1.3 Tujuan**

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui area hotspot kasus kecelakaan lalu lintas pada kabupaten/kota di Sumatera Utara pada tahun 2020-2022 menggunakan metode *Purely Spatial Scan Statistics Poisson*.
2. Mengetahui area hotspot kasus kecelakaan lalu lintas pada kabupaten/kota di Sumatera Utara pada tahun 2020-2022 menggunakan metode *Space Time Scan Statistics*.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Hotspot Detection*

*Hotspot* dapat didefinisikan sebagai area yang memiliki konsentrasi kejadian yang lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah yang diharapkan dengan distribusi kejadian yang acak. Deteksi *hotspot* berevolusi dari studi distribusi titik atau pengaturan spasial titik-titik di suatu ruang (Chakravorty, 1995). Ketika memeriksa pola titik, kepadatan titik dalam area yang ditentukan dibandingkan dengan model keacakan spasial yang lengkap, yang menggambarkan proses di mana kejadian titik terjadi secara acak (yaitu, proses Poisson spasial yang homogen). Selain menilai kepadatan titik-titik di area tertentu, teknik *hotspot* juga mengukur tingkat interaksi kejadian titik untuk memahami pola spasial (Baddeley, 2010).

Metode yang umum digunakan dalam deteksi *hotspot* meliputi *Kernel Density Estimation* (KDE), Getis-Ord  $G_i^*$ , dan Scan Statistic. KDE merupakan metode yang digunakan untuk mengestimasi kepadatan kejadian pada suatu wilayah berdasarkan lokasi titik kejadian (Silverman, 1986). Getis-Ord  $G_i^*$  adalah teknik statistik yang mengukur tingkat kedekatan spasial suatu kejadian untuk mendeteksi area dengan nilai yang secara signifikan tinggi (Getis & Ord, 1992). *Scan Statistic*, dikembangkan oleh Kulldorff (1997) dan menjadi salah satu metode yang efektif untuk mengidentifikasi *cluster* spasial dan *spatio-temporal* dalam berbagai jenis data.

Pada penelitian ini akan digunakan *Space-Time Scan Statistic* (SaTScan) sebagai metode *Hotspot Detection*.

#### 2.2 *Spatial Scan Statistics*

*Spatial Scan Statistics* adalah metode yang digunakan untuk mendeteksi kluster spasial dalam suatu *data point process*. Metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi area yang memiliki intensitas kejadian yang tinggi secara signifikan dibandingkan dengan wilayah sekitarnya serta menentukan apakah kluster tersebut signifikan secara statistik. Metode ini pertama kali

dikembangkan oleh Kulldorff (1997) dan telah banyak digunakan dalam berbagai bidang, termasuk epidemiologi, analisis kriminalitas, dan transportasi.

Konsep utama dalam *Spatial Scan Statistics* adalah penggunaan jendela pemindaian berbentuk lingkaran yang dapat berubah ukuran dan lokasi di dalam area studi. Jendela ini akan membandingkan jumlah kejadian yang terjadi di dalamnya dengan jumlah kejadian di luar jendela tersebut berdasarkan distribusi probabilitas tertentu, seperti model Poisson atau model Bernoulli. Jika ada perbedaan signifikan antara jumlah kejadian aktual dan ekspektasi berdasarkan populasi, maka wilayah tersebut dikategorikan sebagai *hotspot* atau kluster kejadian (Kulldorff, 1997).

*Spatial Scan Statistics* menggunakan dua pendekatan utama, yaitu model Poisson dan model Bernoulli. Model Poisson digunakan dalam kasus dimana jumlah kejadian di suatu wilayah dibandingkan dengan jumlah populasi atau faktor eksposur lainnya. Model ini sering diterapkan pada data kecelakaan lalu lintas karena jumlah kecelakaan dalam suatu wilayah dapat dimodelkan menggunakan distribusi *Poisson* (Kulldorff et al., 2005). Model ini memiliki fungsi peluang sebagai berikut:

$$P(X = x | \mu) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{x!}$$

Misalkan  $N(A)$  menyatakan jumlah pengamatan dalam sel  $A \subset G$  dimana  $G$  adalah area studi. Didefinisikan pula  $Z$  adalah zona-zona yang merupakan subset dari  $G$ . Kemudian  $Y_A \sim \text{Poisson}(\mu_A, N_A) > 0$  adalah suatu parameter yang nilainya tidak diketahui pada sel  $A$ . Pada distribusi Poisson, terdapat zona  $Z \subset G$  sedemikian sehingga

$$N(A) \sim P_0(p\mu(A \cap Z^c)) \forall A$$

Akan diuji hipotesis *null*  $H_0: p = q$ , terhadap  $H_1: p > q, Z \in Z$ . Di bawah kondisi  $H_0$ ,  $N(A)$  berdistribusi  $\text{Poisson}(p\mu(A)) \forall A$ , maka terlihat bahwa parameter  $Z$  hilang. Sementara di bawah kondisi  $H_1$ ,  $N(A)$  berdistribusi  $\text{Poisson}(p\mu(A))$  untuk semua  $A \subset Z$  dan  $N(A)$  berdistribusi  $\text{Poisson}(q\mu(A))$  untuk semua  $A \subset Z^c$ .

Akan digunakan fungsi *likelihood* untuk membandingkan jumlah kasus di dalam dan di luar jendela pemindaian untuk mencari titik *hotspot* (Kulldorff, 1997). Probabilitas terdapat  $n_G$  titik di area studi dinyatakan sebagai berikut

$$\frac{e^{-p\mu(Z)-q(\mu(G)-\mu(Z))} [p\mu(Z)+q(\mu(G)-\mu(Z))]^{n_G}}{n_G!}$$

Fungsi densitas  $f(x)$  pada titik tertentu pada lokasi  $x$  adalah

$$\begin{aligned} & \frac{p\mu(x)}{p\mu(Z)+q(\mu(G)-\mu(Z))} \text{ jika } x \in Z \\ & \frac{q\mu(x)}{p\mu(Z)+q(\mu(G)-\mu(Z))} \text{ jika } x \notin Z \end{aligned}$$

Sehingga, fungsi *likelihood* dapat ditulis sebagai

$$\begin{aligned} L(Z, p, q) &= \frac{e^{-p\mu(Z)-q(\mu(G)-\mu(Z))} [p\mu(Z)+q(\mu(G)-\mu(Z))]^{n_G}}{n_G!} \times \prod_{x_i \in Z} \frac{p\mu(x)}{p\mu(Z)+q(\mu(G)-\mu(Z))} \prod_{x_i \notin Z} \frac{q\mu(x)}{p\mu(Z)+q(\mu(G)-\mu(Z))} \\ L(Z, p, q) &= \frac{e^{-p\mu(Z)-q(\mu(G)-\mu(Z))} [p\mu(Z)+q(\mu(G)-\mu(Z))]^{n_G}}{n_G!} p^{n_Z} q^{(n_G-n_Z)} \prod_{x_i} \mu(x_i) \end{aligned}$$

Persamaan ini akan maksimum ketika  $p = \frac{n_Z}{\mu(Z)}$  dan  $q = \frac{n_G-n_Z}{\mu(G)-\mu(Z)}$ , sehingga

$$\begin{aligned} L(Z) &= \frac{e^{-n_G}}{n_G!} \left( \frac{n_Z}{\mu(Z)} \right)^{n_Z} \left( \frac{n_G-n_Z}{\mu(G)-\mu(Z)} \right)^{n_G-n_Z} \prod_{x_i} \mu(x_i) \text{ jika } \frac{n_Z}{\mu(Z)} > \frac{n_G-n_Z}{\mu(G)-\mu(Z)} \\ L(Z) &= \frac{e^{-n_G}}{n_G!} \left( \frac{n_Z}{\mu(Z)} \right)^{n_Z} \prod_{x_i} \mu(x_i) \text{ untuk lainnya} \end{aligned}$$

Uji *likelihood ratio* juga dapat dilakukan dengan menggunakan uji *ratio* sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{(\sup)_{Z \in Z} L(Z, p, q)}{(\sup)_{p=q} L(Z, p, q)} = \frac{L(\hat{Z})}{L_0}, \text{ dimana } L_0 = \sup \frac{e^{-p\mu(G)} p^{n_G}}{n_G!} \prod_{x_i} \mu(x_i)$$

Keterangan:

$n_Z$  : jumlah kasus di  $Z$  (zona)

$\mu(Z)$  : ukuran populasi di dalam zona



$n_G$  : jumlah kasus di  $G$  (area studi)

$\mu(G)$  : ukuran populasi  $G$

$n_G - n_Z$  : jumlah kasus di luar zona

$\mu(G) - \mu(Z)$  : ukuran populasi di luar zona

### 2.3 *Space-Time Scan Statistics*

*Space-Time Scan Statistics* adalah pengembangan dari *Spatial Scan Statistics* yang mempertimbangkan dimensi waktu dalam analisis kluster. Metode ini dikembangkan oleh Kulldorff (2001) untuk mengidentifikasi pola kejadian yang berubah dalam ruang dan waktu, yang sangat berguna dalam analisis tren kecelakaan lalu lintas.

Dalam *Space-Time Scan Statistics*, kluster dicari menggunakan jendela berbentuk silinder, dimana alas silinder mewakili area geografis dan tinggi silinder merepresentasikan periode waktu tertentu. Model ini dapat mendeteksi bagaimana kluster kecelakaan berkembang dari waktu ke waktu serta mengidentifikasi area yang mengalami peningkatan kejadian kecelakaan dalam suatu periode tertentu (Kulldorff, 2001).

Proses dalam *Space-Time Scan Statistics* meliputi beberapa langkah utama, yaitu:

1. Menentukan area studi dan periode waktu yang digunakan.
2. Mengumpulkan data spasial dan temporal, seperti jumlah kecelakaan di setiap wilayah dan tahun.
3. Membentuk kumpulan jendela pemindaian yang bergerak dalam dimensi ruang dan waktu.
4. Membentuk hipotesis untuk model peluang dari data yang digunakan, dimana  
 $H_0$ : Tidak ada pengelompokan titik kejadian kasus  
 $H_1$ : Ada pengelompokan titik kejadian kasus
5. Melakukan pengujian hipotesis dengan pendekatan *likelihood ratio test* (LLR) untuk menentukan apakah terdapat kluster signifikan.
6. Mencari daerah yang potensial, yaitu jendela pemindaian dengan log likelihood ratio tertinggi

7. Menggunakan metode Monte Carlo untuk menilai signifikansi statistik dari kluster yang ditemukan. Jika hasil pengujian tidak signifikan, maka jendela pemindaian merupakan daerah potensial. Jika hasil pengujian signifikan, maka jendela pemindaian merupakan *Most Likely Cluster* (Kulldorff, 1997)

Akan dibahas mengenai *Space-Time Scan Statistics* yang dibahas oleh Kulldorff (2001) dan Takahashi et al. (2008). Misalkan model Poisson dimana jumlah kasus yang diobservasi pada daerah  $i$  dan waktu  $t$  berdistribusi secara independen sesuai dengan  $N_{it} \sim \text{Poisson}(\theta_{it}\mu_{it})$ , dimana  $N_{it}$  adalah variabel acak untuk  $n_{it}$ ,  $\theta_{it}$  adalah risiko relatif yang tidak diketahui pada daerah  $i$  dan waktu  $t$ , dan  $\mu_{it}$  adalah jumlah kasus yang diharapkan bersyarat sedemikian

$$\text{sehingga } \sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^T \mu_{it} = \sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^T n_{it} = n.$$

Menetapkan pendekatan Kleinman et al. (2004), didapatkan jumlah kasus yang diharapkan  $e_{it}^R$ . Diasumsikan bahwa risiko relatif mengikuti model *hotspot* berikut

$$\theta_{it} = \theta(W) = a_{in} \text{ jika } (i, t) \in W = Z \times I_u$$

$$\theta_{it} = \theta(W) = a_{out} \text{ untuk lainnya}$$

Dimana  $W^c$  adalah semua domain kecuali untuk  $W$  dan  $Z$  yang merupakan jendela spasial. *Space-Time Scan Statistics* milik Kulldorff menggunakan domain berbentuk silinder dengan jendela berbentuk lingkaran, sementara Takahashi et al. menggunakan domain berbentuk prisma dengan jendela spasial  $Z$  berbentuk acak. Kedua *Space-Time Scan Statistics* mempertimbangkan hipotesis berikut untuk setiap himpunan domain  $W = Z \times I_u$  yang mungkin:

$$H_0: a_{in} = a_{out}$$

$$H_1: a_{in} > a_{out}$$

Statistik *Space-Time Scan*  $\lambda$  adalah *maximum likelihood ratio* bersyarat terhadap semua domain  $W$  yang mungkin.

$$\lambda = \sup_{w \in W} \left( \frac{n(w)}{\mu(w)} \right)^{n(w)} \left( \frac{n-n(w)}{n-\mu(w)} \right)^{n-n(w)} \times I \left( \frac{n(w)}{\mu(w)} > \frac{n-n(w)}{n-\mu(w)} \right)$$

Dimana  $I ( )$  adalah fungsi indikator,  $n ( )$  dan  $\mu ( )$  adalah jumlah kasus yang terobservasi dan jumlah kasus yang diharapkan dalam sebuah domain.

Domain  $W^* = Z^* \times I_u^*$  dimana *likelihood ratio* bersyarat dimaksimalkan mengidentifikasi *Most Likely Cluster*. Pengujian hipotesis Monte Carlo digunakan untuk mendapatkan distribusi null dari  $\lambda$  dan *p-value* yang dihasilkan oleh Monte Carlo. Terdapat kemungkinan adanya kluster sekunder yang tidak tumpang tindih dengan MLC. Nilai *p-value* dari kluster sekunder didapatkan dengan membandingkan *likelihood* dari kluster sekunder dengan MLC pada data yang dibuat pada Monte Carlo.

Akan tetapi, terdapat beberapa alasan mengapa *Space-Time Scan Statistics* milik Kulldorff dan Takahashi et al. tidak cocok untuk pengawasan sindromik. Oleh karena itu, metode *Space-Time Scan Statistics* baru telah dikembangkan untuk dapat menangani pengawasan sindromik.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Data Penelitian**

Data yang digunakan adalah data jumlah kecelakaan lalu lintas di tiap kabupaten/kota di Sumatera Utara tahun 2020 hingga 2022 yang bersumber dari website Badan Pusat Statistik:

<https://sumut.bps.go.id/id/statistics-table/2/Mjc3IzI=/jumlah-kecelakaan-lalu-lintas-menu-rut-korban-dan-kabupaten-kota.html>,

dan data koordinat lokasi tiap kabupaten/kota di Sumatera Utara yang bersumber dari website Latlong:

<https://latlong.info/indonesia/sumatera-utara>.

#### **3.2 Metode Analisis**

Langkah-langkah analisis adalah sebagai berikut.

1. Menentukan area studi, kasus, satuan pengamatan (region), dan koordinat pusat region.
2. Mengumpulkan data dan membentuk data sesuai format SatScan pada notepad.
3. Melakukan analisis dengan metode *scan statistic purely spatial poisson* dan *space time scan statistics* menggunakan SatScan. Analisis menggunakan distribusi Poisson karena kejadian kasus kecelakaan lalu lintas memiliki probabilitas yang rendah atau jarang terjadi.
4. Membentuk peta area *hotspot* menggunakan R.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Purely Spatial Poisson**

Data kasus kecelakaan lalu lintas di 27 Kabupaten/Kota Sumatera Utara pada tahun 2020-2022 akan dianalisis menggunakan metode purely spatial model Poisson untuk menemukan area-area hotspot per tahunnya.

##### **4.1.1 Purely Spatial Poisson 2020**

Data kasus kecelakaan lalu lintas di 27 Kabupaten/Kota Sumatera Utara pada tahun 2020 akan dianalisis menggunakan metode purely spatial model Poisson untuk menemukan area hotspot. Dengan bantuan software SaTScan, dideteksi 4 cluster. Berikut adalah keempat cluster tersebut dan ringkasan data.

Jumlah lokasi	: 27
Populasi	: 13.349.686
Jumlah kasus	: 6083
Kasus tahunan / 100000	: 45.5

##### **1. Klaster 1**

Lokasi	:	Kota Binjai dan Kota Medan
Jumlah kasus	:	2126
Ekspektasi jumlah kasus	:	1173.0
Risiko Relatif	:	2.25

## 2. Klaster 2

Lokasi : Kota Tebing Tinggi

Jumlah kasus : 252

Ekspektasi jumlah kasus : 75.69

Risiko Relatif : 3.43

## 3. Klaster 3

Lokasi : Kabupaten Labuhan Batu

Jumlah kasus : 453

Ekspektasi jumlah kasus : 228.56

Risiko Relatif : 2.06

## 4. Klaster 4

Lokasi : Kabupaten Nias

Jumlah kasus : 114

Ekspektasi jumlah kasus : 65.61

Risiko Relatif : 1.75

Dapat dilihat bahwa jumlah kasus di keempat klaster tersebut lebih tinggi dibandingkan ekspektasinya. Selanjutnya, hasil klaster perlu diuji lebih lanjut agar dapat ditentukan signifikansi hasil. Akan digunakan uji Likelihood Ratio Test dengan menggunakan simulasi Monte Carlo sebanyak 999 kali untuk melihat karakter hotspot.

- Hipotesis yang digunakan:  
 $H_0: p = q$  (daerah tersebut bukan hotspot)  
 $H_1: p \neq q$  (daerah tersebut merupakan hotspot)
- Tingkat signifikansi  
 $\alpha = 0.05$
- Aturan Keputusan  
 $H_0$  ditolak bila  $p\text{-value} < \alpha$
- Statistik Uji  
 Dengan bantuan software SaTScan, didapatkan:

Klaster	Statistik Uji	p-value	Keputusan	Interpretasi
1	410.388771	$< 0.000000000000000001$	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
2	129.413385	$< 0.000000000000000001$	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>

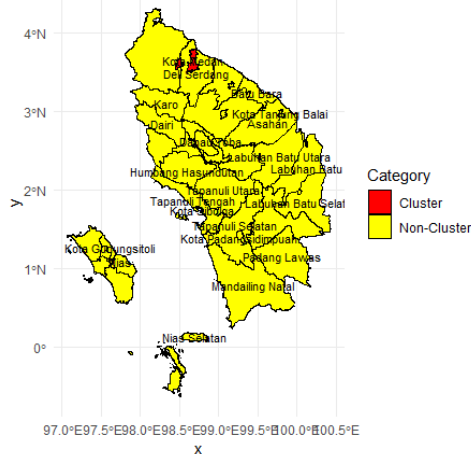
3	89.812173	< 0.000000000000000001	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
4	14.788067	0.0000025	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>

- Kesimpulan

1. Daerah klaster 1, 2, 3, dan 4 teridentifikasi hotspot. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa pada tahun 2020, kasus kecelakaan lalu lintas terkonsentrasi di masing masing Kota Binjai, Kota Medan, Kota Tebing Tinggi, Kabupaten Labuhan Batu, serta Kabupaten Nias.
2. Klaster kedua yang hanya berisi Kota Tebing Tinggi memiliki risiko relatif yang paling tinggi di antara klaster-klaster lainnya.
3. Medan dan Binjai menjadi daerah dengan jumlah kasus tertinggi, meskipun Tebing Tinggi memiliki risiko relatif lebih tinggi terhadap populasi.
4. Faktor urbanisasi, kepadatan lalu lintas, serta kondisi infrastruktur kemungkinan besar berkontribusi terhadap tingginya kecelakaan di daerah perkotaan seperti Medan, Binjai, dan Tebing Tinggi.
5. Klaster di Labuhanbatu dan Nias menunjukkan bahwa kecelakaan tidak hanya terjadi di kota besar tetapi juga di wilayah non-metropolitan.

Kemudian akan dibuat visualisasi area hotspot kasus kecelakaan lalu lintas berdasarkan kab/kota di Provinsi Sumatera Utara tahun 2020 menggunakan RStudio.





Berdasarkan *output* SaTScan, kluster pertama yang berisi Kota Medan dan Kota Binjai memiliki *Log likelihood ratio* yang paling tinggi di antara kluster-kluster lainnya. Berikut adalah informasi yang didapatkan mengenai kluster 1.

Total populasi	2.574.305
Banyak kasus	2126
Ekspektasi kasus	1173.02
Kasus tahunan / 100000 penduduk	82.4
Ratio kasus / ekspektasi	1.81
Risiko relative	2.25
Log likelihood ratio	410.388771

Nilai risiko relatif terjadinya kecelakaan lalu lintas di hotspot tersebut yaitu sebesar 2.25. Hal ini dapat diartikan daerah hotspot tersebut memiliki peluang 2.25 kali lebih berisiko untuk terdapat kasus kecelakaan lalu lintas dibanding daerah lain yang bukan hotspot.

#### 4.1.2 Purely Spatial Poisson 2021

Data kasus kecelakaan lalu lintas di 27 Kabupaten/Kota Sumatera Utara pada tahun 2021 akan dianalisis menggunakan metode purely spatial model Poisson untuk menemukan area hotspot. Dengan bantuan software SaTScan, dideteksi 8 cluster. Berikut adalah kedelapan cluster tersebut dan ringkasan data.

Jumlah lokasi	: 27
Populasi	: 13593848
Jumlah kasus	: 5616
Kasus tahunan / 100000	: 41.3

##### 1. Klaster 1

Lokasi	:	Kota Binjai dan Kota Medan
Jumlah kasus	:	1867
Ekspektasi jumlah kasus	:	1138.67
Risiko Relatif	:	1.96

##### 2. Klaster 2

Lokasi	:	Kota Medan
Jumlah kasus	:	1601
Ekspektasi jumlah kasus	:	1016.65
Risiko Relatif	:	1.80

### 3. Klaster 3

Lokasi	:	Kabupaten Labuhan Batu
Jumlah kasus	:	488
Ekspektasi jumlah kasus	:	206.56
Risiko Relatif	:	2.49

### 4. Klaster 4

Lokasi	:	Kota Binjai
Jumlah kasus	:	266
Ekspektasi jumlah kasus	:	122.02
Risiko Relatif	:	2.24

### 5. Klaster 5

Lokasi	:	Kota Tebing Tinggi
Jumlah kasus	:	184
Ekspektasi jumlah kasus	:	72.28
Risiko Relatif	:	2.60

#### 6. Klaster 6

Lokasi : Kota Pematang Siantar

Jumlah kasus : 185

Ekspektasi jumlah kasus : 111.86

Risiko Relatif : 1.68

#### 7. Klaster 7

Lokasi : Kabupaten Nias

Jumlah kasus : 92

Ekspektasi jumlah kasus : 61.06

Risiko Relatif : 1.52

#### 8. Klaster 8

Lokasi : Kabupaten Tapanuli Utara dan Kabupaten Toba

Jumlah kasus : 247

Ekspektasi jumlah kasus : 216.47

Risiko Relatif : 1.15

Dapat dilihat bahwa jumlah kasus di kedelapan klaster tersebut lebih tinggi dibandingkan ekspektasinya. Selanjutnya, hasil klaster perlu diuji lebih lanjut agar dapat ditentukan signifikansi hasil. Akan digunakan uji Likelihood Ratio Test dengan menggunakan simulasi Monte Carlo sebanyak 999 kali untuk melihat karakter hotspot.

- Hipotesis yang digunakan:

$$H_0: p = q \text{ (daerah tersebut bukan hotspot)}$$

$$H_1: p \neq q \text{ (daerah tersebut merupakan hotspot)}$$

- Tingkat signifikansi

$$\alpha = 0.05$$

- Aturan Keputusan

$$H_0 \text{ ditolak bila } p\text{-value} < \alpha$$

- Statistik Uji

Dengan bantuan software SaTScan, didapatkan:

Klaster	Statistik Uji	p-value	Keputusan	Interpretasi
1	257.588989	<0.000000000000000001	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
2	181.490588	<0.000000000000000001	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
3	145.562066	<0.000000000000000001	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>

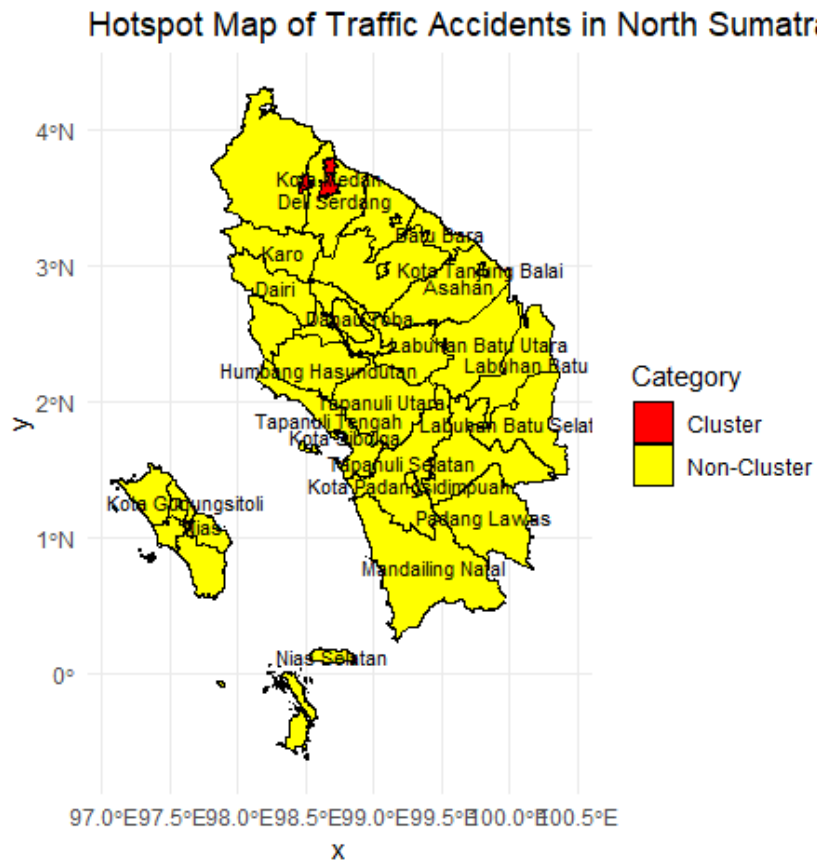
4	65.217839	<0.000000000000000001	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
5	61.333599	<0.000000000000000001	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
6	20.421808	0.000000014	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
7	6.861134	0.011	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
8	2.144876	0.657	$H_0$ tidak ditolak	Klaster tidak signifikan sebagai <i>hotspot</i>

- Kesimpulan

1. Daerah klaster 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 teridentifikasi hotspot. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa pada tahun 2021, kasus kecelakaan lalu lintas terkonsentrasi di masing masing Kota Binjai, Kota Medan, Kabupaten Labuhan Batu, Kota Tebing Tinggi, Kota Pematang Siantar, Kabupaten Nias, Kabupaten Tapanuli Utara dan Kabupaten Toba.
2. Penurunan jumlah kasus kecelakaan secara keseluruhan sebesar 7,7%, dengan rata-rata kecelakaan per 100.000 penduduk turun dari 45,5 ke 41,3.
3. Medan dan Binjai tetap menjadi klaster kecelakaan terbesar, tetapi mengalami penurunan jumlah kasus dari 2.126 ke 1.867.
4. Tebing Tinggi mengalami perbaikan signifikan, dengan kasus kecelakaan per 100.000 turun dari 151,4 ke 105,2.

5. Labuhanbatu mengalami peningkatan kasus dan risiko kecelakaan, dengan risiko relatif naik dari 2,06 ke 2,49.

Kemudian akan dibuat visualisasi area hotspot kasus kecelakaan lalu lintas berdasarkan kab/kota di Provinsi Sumatera Utara tahun 2021 menggunakan RStudio.



Berdasarkan *output* SaTScan, klaster pertama yang berisi Kota Medan dan Kota Binjai memiliki *Log likelihood ratio* yang paling tinggi di antara klaster-klaster lainnya. Berikut adalah informasi yang didapatkan mengenai klaster 1.

Total Populasi	2.756.219
Banyak kasus	1.867
Ekspektasi kasus	1138.67

Kasus tahunan / 100000 penduduk	67.8
Ratio kasus / ekspektasi	1.64
Risiko relatif	1.96

Nilai risiko relatif terjadinya kecelakaan lalu lintas di hotspot tersebut yaitu sebesar 1.96. Hal ini dapat diartikan daerah hotspot tersebut memiliki peluang 1.96 kali lebih berisiko untuk terdapat kasus kecelakaan lalu lintas dibanding daerah lain yang bukan hotspot.

#### 4.1.3 Purely Spatial Poisson 2022

Data kasus kecelakaan lalu lintas di 27 Kabupaten/Kota Jawa Barat pada tahun 2022 akan dianalisis menggunakan metode purely spatial model Poisson untuk menemukan area area hotspot. Dengan bantuan software SaTScan, dideteksi 8 cluster. Berikut adalah kedelapan cluster tersebut dan ringkasan data.

Jumlah lokasi	: 27
Populasi	: 13756944
Jumlah kasus	: 6465
Kasus tahunan / 100000	: 47.0

##### 1. Klaster 1

Lokasi	:	Kota Medan dan Kota Binjai
Jumlah kasus	:	2273
Ekspektasi jumlah kasus	:	1313.27
Risiko relatif	:	2.13



## 2. Klaster 2

Lokasi : Kota Medan

Jumlah kasus : 1974

Ekspektasi jumlah kasus : 1172.28

Risiko relatif : 1.98

## 3. Klaster 3

Lokasi : Tanjungbalai, Asahan, Batubara,  
Pematangsiantar, Tebing Tinggi,  
Labuhanbatu

Jumlah kasus : 1650

Ekspektasi jumlah kasus : 1101.39

Risiko relatif : 1.67

## 4. Klaster 4

Lokasi : Kota Binjai

Jumlah kasus : 299

Ekspektasi jumlah kasus : 140.99

Risiko relatif : 2.18

#### 5. Klaster 5

Lokasi : Kabupaten Toba

Jumlah kasus : 141

Ekspektasi jumlah kasus : 99.69

Risiko relatif : 1.42

#### 6. Klaster 6

Lokasi : Kabupaten Tapanuli Utara dan Kabupaten Toba

Jumlah kasus : 295

Ekspektasi jumlah kasus : 249.33

Risiko relatif : 1.19

#### 7. Klaster 7

Lokasi : Kabupaten Dairi

Jumlah kasus : 170

Ekspektasi jumlah kasus : 148.25

Risiko relatif : 1.15

## 8. Klaster 8

Lokasi : Kabupaten Nias

Jumlah kasus : 84

Ekspektasi jumlah kasus : 70.14

Risiko relatif : 1.20

Dapat dilihat bahwa jumlah kasus di kedelapan klaster tersebut lebih tinggi dibandingkan ekspektasinya. Selanjutnya, hasil klaster perlu diuji lebih lanjut agar dapat ditentukan signifikansi hasil. Akan digunakan uji Likelihood Ratio Test dengan menggunakan simulasi Monte Carlo sebanyak 999 kali untuk melihat karakter hotspot.

- Hipotesis yang digunakan:

$H_0: p = q$  (daerah tersebut bukan hotspot)

$H_1: p \neq q$  (daerah tersebut merupakan hotspot)

- Tingkat signifikansi

$\alpha = 0.05$

- Aturan Keputusan

$H_0$  ditolak bila  $p\text{-value} < \alpha$

- Statistik Uji

Dengan bantuan software SaTScan, didapatkan:

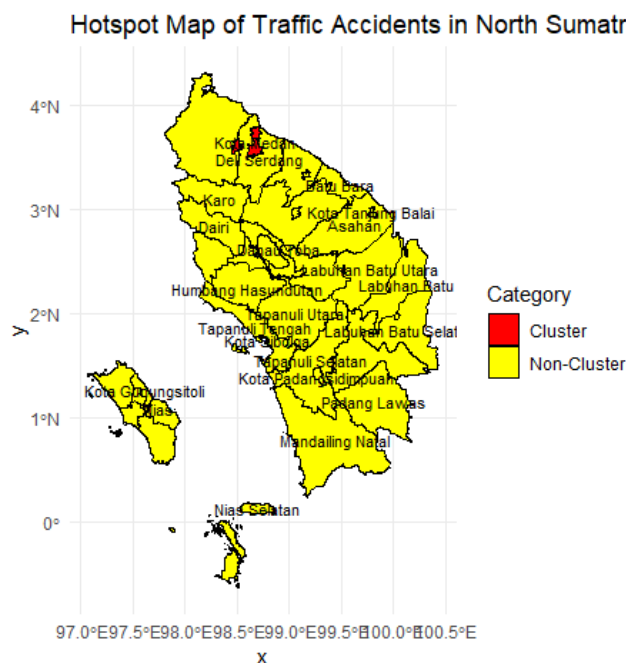
Klaster	Statistik Uji	p-value	Keputusan	Interpretasi
---------	---------------	---------	-----------	--------------

1	382.723116	< 0.000000000000000001	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
2	290.994312	< 0.000000000000000001	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
3	147.389075	< 0.000000000000000001	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
4	68.758052	< 0.000000000000000001	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
5	7.707957	0.0041	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
6	4.116169	0.134	$H_0$ tidak ditolak	Klaster tidak signifikan sebagai <i>hotspot</i>
7	1.560413	0.857	$H_0$ tidak ditolak	Klaster tidak signifikan sebagai <i>hotspot</i>
8	1.302460	0.924	$H_0$ tidak ditolak	Klaster tidak signifikan sebagai <i>hotspot</i>

- Kesimpulan

1. Daerah klaster 1, 2, 3, 4, dan 5 teridentifikasi hotspot. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa pada tahun 2022, kasus kecelakaan lalu lintas terkonsentrasi di masing masing Kota Medan, Kota Binjai, Kota Tanjung Balai, Kota Pematangsiantar, Kota Tebing Tinggi, Kabupaten Asahan, Kabupaten Batubara, Kabupaten Labuhanbatu, serta Kabupaten Toba
2. Kenaikan signifikan jumlah kasus kecelakaan lalu lintas sebesar 15,1% dibanding tahun sebelumnya.
3. Medan dan Binjai kembali menjadi klaster kecelakaan terbesar, dengan jumlah kasus meningkat dari 1.867 ke 2.273.
4. Binjai mengalami peningkatan kasus yang cukup besar, dengan annual cases per 100.000 naik dari 90,1 ke 99,7.

Kemudian akan dibuat visualisasi area hotspot kasus kecelakaan lalu lintas berdasarkan kab/kota di Provinsi Sumatera Utara tahun 2022 menggunakan RStudio.



Berdasarkan *output* SaTScan, klaster pertama yang berisi Kota Medan dan Kota Binjai memiliki *Log likelihood ratio* yang paling tinggi di antara klaster-klaster lainnya. Berikut adalah informasi yang didapatkan mengenai klaster 1.

Total populasi	2.794.521
Banyak kasus	2273
Ekspektasi kasus	1313.27
Kasus tahunan / 100000 penduduk	81.4
Ratio kasus / ekspektasi	1.73
Risiko relatif	2.13

Nilai risiko relatif terjadinya kecelakaan lalu lintas di hotspot tersebut yaitu sebesar 2.13. Hal ini dapat diartikan daerah hotspot tersebut memiliki peluang 2.13 kali lebih berisiko untuk terdapat kasus kecelakaan lalu lintas dibanding daerah lain yang bukan hotspot.

## Kesimpulan

Medan dan Binjai secara konsisten menjadi pusat kecelakaan lalu lintas di Sumatera Utara sejak 2020 hingga 2022, dengan risiko yang tetap tinggi setiap tahunnya. Tanpa intervensi yang signifikan, jumlah kecelakaan di wilayah ini akan terus menjadi yang tertinggi, sehingga dibutuhkan strategi yang lebih efektif untuk mengurangi angka kecelakaan di masa depan.

## 4.2 *Space Time*

Data kasus kecelakaan lalu lintas di 27 Kabupaten/Kota Sumatera Utara pada tahun 2020, 2021, dan 2022 akan dianalisis secara bersamaan menggunakan metode space-time model Poisson untuk menemukan area hotspot. Dengan bantuan software SaTScan, dideteksi 7 cluster. Berikut adalah ketujuh cluster tersebut:

1. Location IDs included : Binjai, Kota Medan  
Coordinates / radius : (3.600100 N, 98.485400 E) / 20.73 km  
Span : 20.73 km  
Time frame : 2022/1/1 to 2022/12/31

- Population : 2708527  
Number of cases : 2273  
Expected cases : 1243.88  
Annual cases / 100000 : 81.5  
Observed / expected : 1.83  
Relative risk : 1.95  
Log likelihood ratio : 373.142304  
P-value : 0.001
2. Location IDs included : Binjai, Kota Medan  
Coordinates / radius : (3.600100 N, 98.485400 E) / 20.73 km  
Span : 20.73 km  
Time frame : 2020/1/1 to 2020/12/31  
Population : 2708527  
Number of cases : 2126  
Expected cases : 1161.24  
Annual cases / 100000 : 81.7  
Observed / expected : 1.83  
Relative risk : 1.94  
Log likelihood ratio : 348.846199  
P-value : 0.001
3. Location IDs include : Kabupaten Deli Serdang  
Coordinates / radius : (3.416670 N, 98.666670 E) / 0 km  
Span : 0 km  
Time frame : 2020/1/1 to 2020/12/31  
Population : 2043017  
Number of cases : 318  
Expected cases : 982.34  
Annual cases / 100000 : 14.4  
Observed / expected : 0.32  
Relative risk : 0.31  
Log likelihood ratio : 318.353123

- P-value : 0.001
4. Location IDs included : Tanjungbalai, Kabupaten Asahan, Kabupaten Batu Bara, Pematangsiantar, Kota Tebing Tinggi, Kabupaten Labuhan Batu
- Coordinates / radius : (2.966670 N, 99.800000 E) / 84.62 km
- Span : 158.57 km
- Time frame : 2022/1/1 to 2022/12/31
- Population : 2304994
- Number of cases : 1650
- Expected cases : 1043.34
- Annual cases / 100000 : 70.6
- Observed / expected : 1.58
- Relative risk : 1.64
- Log likelihood ratio : 160.491738
- P-value : 0.001
5. Location IDs included : Kota Sibolga, Kabupaten Tapanuli Tengah, Kabupaten Tapanuli Utara, Kabupaten Tapanuli Selatan, Kota Padangsidimpuan, Kabupaten Humbang Hasundutan, Kabupaten Toba, Kabupaten Samosir, Kabupaten Pakpak Bharat, Kabupaten Mandailing Natal, Kabupaten Simalungun, Kabupaten Padang Lawas
- Coordinates / radius : (1.733330 N, 98.800000 E) / 136.19 km
- Span : 236.86 km
- Time frame : 2021/1/1 to 2021/12/31
- Population : 3599918
- Number of cases : 1006
- Expected cases : 1619.46
- Annual cases / 100000 : 27.7
- Observed / expected : 0.62
- Relative risk : 0.60
- Log likelihood ratio : 145.728821
- P-value : 0.001
6. Location IDs included : Kota Tebing Tinggi
- Coordinates / radius : (3.325000 N, 99.141670 E) / 0 km



Span.	: 0 km
Time frame	: 2020/1/1 to 2020/12/31
Population	: 172961
Number of cases	: 252
Expected cases	: 74.76
Annual cases / 100000	: 150.4
Observed / expected	: 3.37
Relative risk	: 3.40
Log likelihood ratio	: 129.839295
P-value	: 0.001
7. Location IDs included : Kabupaten Labuhan Batu	
Coordinates / radius	: (2.266670 N, 100.100000 E) / 0 km
Span	: 0 km
Time frame	: 2020/1/1 to 2020/12/31
Population	: 503208
Number of cases	: 453
Expected cases	: 224.17
Annual cases / 100000	: 90.2
Observed / expected	: 2.02
Relative risk	: 2.05
Log likelihood ratio	: 91.319876
P-value	: 0.001

Dapat dilihat bahwa jumlah kasus di *cluster* tiga dan lima lebih rendah dibandingkan ekspektasinya, sedangkan jumlah kasus di *cluster* sisanya yakni *cluster* satu, dua, empat, enam, dan tujuh lebih tinggi dibandingkan ekspektasinya. Selanjutnya, hasil klaster perlu diuji lebih lanjut agar dapat ditentukan signifikansi hasil. Akan digunakan uji Likelihood Ratio Test dengan menggunakan simulasi Monte Carlo sebanyak 999 kali untuk melihat karakter hotspot.

- Hipotesis yang digunakan:

$H_0: p = q$  (daerah tersebut bukan hotspot)

$H_1: p \neq q$  (daerah tersebut merupakan hotspot)

- Tingkat signifikansi

$$\alpha = 0.05$$

- Aturan Keputusan

$H_0$  ditolak bila  $p\text{-value} < \alpha$

- Statistik Uji

Dengan bantuan software SaTScan, didapatkan:

Klaster	Statistik Uji	p-value	Keputusan	Interpretasi
1	373.142304	0.001	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
2	348.846199	0.001	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
3	318.353123	0.001	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
4	160.491738	0.001	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
5	145.728821	0.001	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
6	129.839295	0.001	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
7	91.319876	0.001	$H_0$ ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>

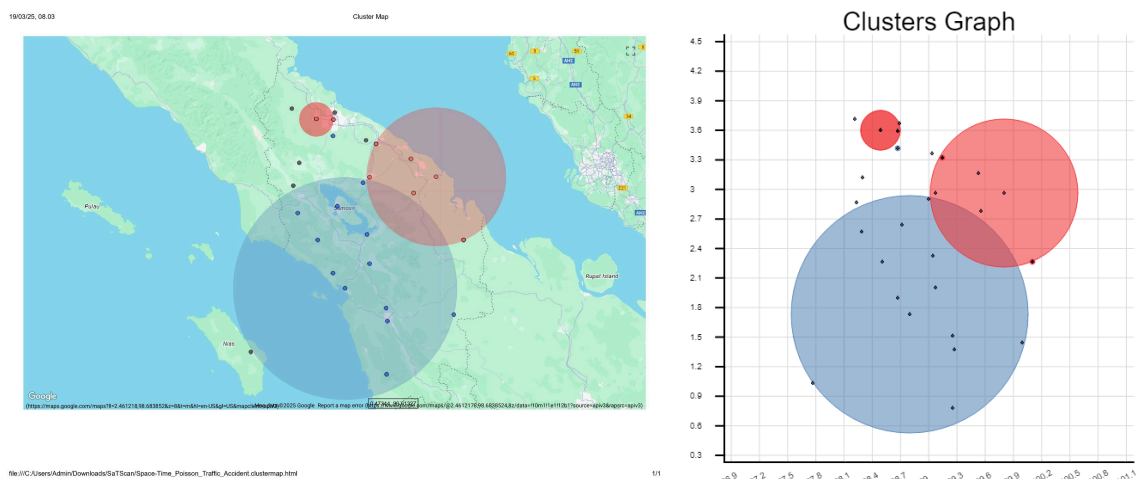
- Kesimpulan

Ketujuh *cluster* teridentifikasi hotspot. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada tahun 2020 dan 2022, kasus kecelakaan lalu lintas terkonsentrasi tinggi di Binjai dan Kota Medan.

2. Pada tahun 2020, kasus kecelakaan lalu lintas terkonsentrasi rendah di Kabupaten Deli Serdang, namun terkonsentrasi tinggi di Kota Tebing Tinggi, dan Kabupaten Labuhan Batu.
3. Pada tahun 2021, kasus kecelakaan lalu lintas terkonsentrasi rendah di Kota Sibolga, Kabupaten Tapanuli Tengah, Kabupaten Tapanuli Utara, Kabupaten Tapanuli Selatan, Kota Padangsidimpuan, Kabupaten Humbang Hasundutan, Kabupaten Toba, Kabupaten Samosir, Kabupaten Pakpak Bharat, Kabupaten Mandailing Natal, Kabupaten Simalungun, Kabupaten Padang Lawas.
4. Pada tahun 2022, kasus kecelakaan lalu lintas terkonsentrasi tinggi di Tanjungbalai, Kabupaten Asahan, Kabupaten Batu Bara, Pematangsiantar, Kota Tebing Tinggi, Kabupaten Labuhan Batu.
5. Pada tahun 2020, Kota Tebing Tinggi memiliki peluang tertinggi untuk terdapat kasus kecelakaan lalu lintas, yakni sebesar 3.4 kali lebih berisiko dibanding daerah lain yang bukan hotspot.
6. Pada tahun 2020, Kabupaten Deli Serdang memiliki peluang terendah untuk terdapat kasus kecelakaan lalu lintas, yakni sebesar 0.31 kali lebih berisiko dibanding daerah lain yang bukan hotspot.

Kemudian akan diberikan hasil visualisasi area hotspot serta grafik *cluster* kasus kecelakaan lalu lintas berdasarkan kab/kota di Provinsi Sumatera Utara tahun 2020 oleh SaTSan:



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa metode Purely Spatial Poisson Scan Statistic dan Space-Time Scan Statistic mampu mengidentifikasi area dengan tingkat kecelakaan lalu lintas yang signifikan di Provinsi Sumatera Utara selama periode 2020-2022. Analisis menggunakan perangkat lunak SaTScan menunjukkan adanya kluster hotspot di beberapa kabupaten/kota yang memiliki jumlah kejadian kecelakaan lebih tinggi dibandingkan ekspektasi.

Hasil deteksi hotspot menunjukkan bahwa Kota Medan, Kota Binjai, Kota Tebing Tinggi, Kabupaten Labuhan Batu, dan Kabupaten Nias merupakan wilayah dengan konsentrasi kecelakaan yang tinggi secara statistik. Selain itu, analisis spatial-temporal juga mengungkapkan adanya pola perubahan hotspot dari tahun ke tahun, yang dapat memberikan wawasan lebih lanjut terkait tren kecelakaan lalu lintas di wilayah tersebut.

Dengan adanya hasil ini, diharapkan penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengambilan kebijakan dalam merancang strategi yang lebih efektif dalam mengurangi angka kecelakaan lalu lintas, seperti peningkatan infrastruktur jalan, edukasi keselamatan berkendara, serta pengawasan lalu lintas yang lebih ketat di area-area berisiko tinggi.

#### **5.2 Saran**

Agar penelitian serupa dapat memberikan hasil yang lebih akurat dan aplikatif, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan data kecelakaan dengan cakupan lebih luas serta mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti kondisi jalan, kepadatan lalu lintas, dan faktor cuaca untuk analisis yang lebih komprehensif.
2. Mengintegrasikan analisis hotspot dengan model prediksi kecelakaan untuk memberikan rekomendasi pencegahan yang lebih efektif.

3. Melakukan penelitian lebih lanjut dengan metode alternatif seperti machine learning untuk meningkatkan akurasi dalam mendeteksi pola kecelakaan lalu lintas.
4. Berkolaborasi dengan instansi terkait seperti Dinas Perhubungan dan Kepolisian untuk implementasi kebijakan berbasis data dalam upaya meningkatkan keselamatan berkendara.

Dengan memperhatikan rekomendasi di atas, diharapkan penelitian selanjutnya dapat memberikan kontribusi yang lebih besar dalam meningkatkan keselamatan transportasi di Indonesia, khususnya di wilayah Sumatera Utara.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chakravorty, S. (1995). Identifying crime clusters: The spatial principles. *Middle States Geographer*, 28, 53-58.
- Getis, A., & Ord, J. K. (1992). "The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics." *Geographical Analysis*, 24(3), 189–206.
- Kulldorff, M. (1997). "A Spatial Scan Statistic." *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 26(6), 1481–1496.
- Kulldorff, M. (2001). "Prospective Time Periodic Geographical Disease Surveillance Using a Scan Statistic." *Journal of the Royal Statistical Society*, 164(1), 61–72.
- Kulldorff, M., et al. (2005). "Using Scan Statistic for Evaluating Spatial Patterns of Disease Risk." *Statistics in Medicine*, 24(5), 877–890.
- Silverman, B. W. (1986). *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. Chapman & Hall.
- Yasmin, S., & Eluru, N. (2016). "Examining Discrete Distribution Modeling of Motor Vehicle Crash Data." *Accident Analysis & Prevention*, 95(1), 20–29.

## LAMPIRAN

- Data Kasus kecelakaan lalu lintas di Sumatera Utara tahun 2020-2022 (Purely Spatial).

No	Polisi Resort	2020	2021	2022	Latitude	Longitude	Populasi 2022	Populasi 2021	Populasi 2020
1	Nias	114	92	84	1.03333	97.76667	149249	147794	143983
2	Mandailing Natal	84	77	58	0.78378	99.25495	484874	478062	451028
3	Tapanuli Selatan	107	113	135	1.51667	99.25	307312	303685	283389
4	Tapanuli Tengah	129	129	141	1.9	98.66667	374734	369300	382917
5	Tapanuli Utara	134	142	154	2.0028	99.0707	318424	315222	303688
6	Toba	89	105	141	2.32994	99.04447 2	212133	208754	184493
7	Labuhanbatu	453	488	512	2.26667	100.1	508024	499982	501596
8	Asahan	332	295	339	2.78333	99.55	787681	777626	735026
9	Simalungun	349	253	277	2.9	99	1021615	100372 7	871678
10	Dairi	98	104	170	2.86667	98.23333	315460	311665	285481
11	Karo	186	174	186	3.11667	98.3	414429	409077	421997
12	Deli Serdang	318	354	392	3.41667	98.66667	1953986	194137 4	223432 0
13	Langkat	294	260	262	3.71667	98.21667	1039926	103451 9	104810 0
14	Nias Selatan	35	28	29	3.6724	98.69216 9	373674	366163	322520
15	Humbang Hasundutan	41	36	40	2.26551	98.50376	202299	199719	191776
16	Pakpak Bharat	8	14	12	2.56667	98.28333	54609	53315	49688
17	Samosir	55	44	75	2.64025	98.71525	139337	137696	126710
18	Serdang Bedagai	289	282	300	3.36667	99.03333	667998	662076	617772
19	Batubara	248	240	270	3.16166	99.52652	416367	413171	420103

20	Padang Lawas	61	45	40	1.44684	99.99207	267275	263719	286627
21	Sibolga	14	9	14	1.73333	98.8	90366	89932	87791
22	Tanjungbalai	69	57	51	2.95833	99.79167	179748	177640	177005
23	Pematangsiantar	163	185	226	2.96667	99.05	274056	270768	257110
24	Tebing Tinggi	252	184	252	3.325	99.14167	177785	174969	166100
25	Binjai	280	266	299	3.6001	98.4854	300009	295361	279302
26	Medan	1846	1601	1974	3.65	98.66667	2494512	2460858	2295003
27	Padangsidempuan	35	39	32	1.37375	99.26843	231062	227674	224.483

- **Output Satscan untuk *Purely Spatial Poisson* untuk kasus kecelakaan lalu lintas di Sumatera Utara Tahun 2020**

---

SaTScan v10.2.5

---

Program run on: Tue Mar 18 20:35:24 2025

Purely Spatial analysis  
scanning for clusters with high rates  
using the Discrete Poisson model.

---

SUMMARY OF DATA

Study period.....: 2020/1/1 to 2020/12/31  
Number of locations.....: 27  
Population, averaged over time.....: 13349686  
Total number of cases.....: 6083  
Annual cases / 100000.....: 45.5

---

CLUSTERS DETECTED



1. Location IDs included.: Binjai, Medan  
Overlap with clusters.: No Overlap  
Coordinates / radius...: (3.600100 N, 98.485400 E) / 20.85 km  
Span.....: 20.85 km  
Gini Cluster.....: Yes  
Population.....: 2574305  
Number of cases.....: 2126  
Expected cases.....: 1173.02  
Annual cases / 100000.: 82.4  
Observed / expected...: 1.81  
Relative risk.....: 2.25  
Log likelihood ratio...: 410.388771  
P-value.....: < 0.000000000000000001
  
2. Location IDs included.: Tebing Tinggi  
Overlap with clusters.: No Overlap  
Coordinates / radius...: (3.325000 N, 99.141670 E) / 0 km  
Span.....: 0 km  
Gini Cluster.....: Yes  
Population.....: 166100  
Number of cases.....: 252  
Expected cases.....: 75.69  
Annual cases / 100000.: 151.4  
Observed / expected...: 3.33  
Relative risk.....: 3.43  
Log likelihood ratio...: 129.413385  
P-value.....: < 0.000000000000000001
  
3. Location IDs included.: Labuhanbatu  
Overlap with clusters.: No Overlap  
Coordinates / radius...: (2.266670 N, 100.100000 E) / 0 km  
Span.....: 0 km  
Gini Cluster.....: Yes  
Population.....: 501596  
Number of cases.....: 453  
Expected cases.....: 228.56  
Annual cases / 100000.: 90.1  
Observed / expected...: 1.98  
Relative risk.....: 2.06  
Log likelihood ratio...: 89.812173  
P-value.....: < 0.000000000000000001
  
4. Location IDs included.: Nias(1)  
Overlap with clusters.: No Overlap  
Coordinates / radius...: (1.033330 N, 97.766670 E) / 0 km

Span.....: 0 km  
Gini Cluster.....: Yes  
Population.....: 143983  
Number of cases.....: 114  
Expected cases.....: 65.61  
Annual cases / 100000.: 79.0  
Observed / expected...: 1.74  
Relative risk.....: 1.75  
Log likelihood ratio...: 14.788067  
P-value.....: 0.0000025

---

#### PARAMETER SETTINGS

##### Input

-----

Case File : C:\Users\Bryan\Cases.cas  
Population File : C:\Users\Bryan\Population.pop  
Time Precision : None  
Start Time : 2020/1/1  
End Time : 2020/12/31  
Coordinates File : C:\Users\Bryan\Coordinates.geo  
Coordinates : Latitude/Longitude

##### Analysis

-----

Type of Analysis : Purely Spatial  
Probability Model : Discrete Poisson  
Scan for Areas with : High Rates

##### Output

-----

Main Results File : C:\Users\Bryan\Documents\UI Stuff\Spasial  
Stuff\2020 More Legit.txt

##### Data Checking

-----

Temporal Data Check : Check to ensure that all cases and  
controls are within the specified temporal study period.  
Geographical Data Check : Check to ensure that all observations  
(cases, controls and populations) are within the specified  
geographical area.

##### Spatial Neighbors

```

-----
Use Non-Euclidean Neighbors file      : No
Use Meta Locations File                : No
Observations with Multiple Locations : One location per
observation.

Locations Network
-----
Use Locations Network File : No

Spatial Window
-----
Maximum Spatial Cluster Size : 50 percent of population at risk
Window Shape                  : Circular
Isotonic Scan                  : No

Cluster Restrictions
-----
Minimum Cases in Cluster for High Rates : 2
Restrict High Rate Clusters              : No

Space And Time Adjustments
-----
Adjust for known relative risks : No

Inference
-----
P-Value Reporting                  : Default Combination
Number of Replications             : 999
Adjusting for More Likely Clusters : No

Cluster Drilldown
-----
Standard Drilldown on Detected Clusters : No

Miscellaneous Analysis
-----
Report Oliveira's F : No

Spatial Output
-----
Report Hierarchical Clusters      : Yes
Criteria for Reporting Secondary Clusters : No Geographical Overlap
Report Gini Optimized Cluster Collection : Yes
Gini Index Based Collection Reporting : Optimal Only

```

Report Gini Index Cluster Coefficients : No  
Restrict Reporting to Smaller Clusters : No

#### Other Output

-----

Report Critical Values : No  
Report Monte Carlo Rank : No  
User Defined Title :

#### Notifications

-----

Always Send Email : No  
Send Email With Results Meeting Cutoff : No

#### Run Options

-----

Processor Usage : All Available Processors  
Suppress Warnings : No  
Logging Analysis : No

-----  
-----

Program completed : Tue Mar 18 20:35:25 2025  
Total Running Time : 1 second  
Processor Usage : 12 processors

#### - **Output Satscan untuk *Purely Spatial Poisson* untuk kasus kecelakaan lalu lintas di Sumatera Utara Tahun 2021**

-----  
SaTScan v10.2.5  
-----

Program run on: Tue Mar 18 20:42:42 2025

Purely Spatial analysis  
scanning for clusters with high rates  
using the Discrete Poisson model.

-----  
-----

#### SUMMARY OF DATA

Study period.....: 2021/1/1 to 2021/12/31

Number of locations.....: 27  
Population, averaged over time.....: 13593848  
Total number of cases.....: 5616  
Annual cases / 100000.....: 41.3

---

#### CLUSTERS DETECTED

1. Location IDs included.: Binjai, Medan  
Overlap with clusters.: 2, 4  
Coordinates / radius..: (3.600100 N, 98.485400 E) / 20.85 km  
Span.....: 20.85 km  
Gini Cluster.....: No  
Population.....: 2756219  
Number of cases.....: 1867  
Expected cases.....: 1138.67  
Annual cases / 100000.: 67.8  
Observed / expected...: 1.64  
Relative risk.....: 1.96  
Log likelihood ratio..: 257.588989  
P-value.....: < 0.000000000000000001
2. Location IDs included.: Medan  
Overlap with clusters.: 1  
Coordinates / radius..: (3.650000 N, 98.666670 E) / 0 km  
Span.....: 0 km  
Gini Cluster.....: Yes  
Population.....: 2460858  
Number of cases.....: 1601  
Expected cases.....: 1016.65  
Annual cases / 100000.: 65.1  
Observed / expected...: 1.57  
Relative risk.....: 1.80  
Log likelihood ratio..: 181.490588  
P-value.....: < 0.000000000000000001
3. Location IDs included.: Labuhanbatu  
Overlap with clusters.: No Overlap  
Coordinates / radius..: (2.266670 N, 100.100000 E) / 0 km  
Span.....: 0 km  
Gini Cluster.....: Yes  
Population.....: 499982  
Number of cases.....: 488  
Expected cases.....: 206.56

Annual cases / 100000.: 97.7  
Observed / expected...: 2.36  
Relative risk.....: 2.49  
Log likelihood ratio...: 145.562066  
P-value.....: < 0.000000000000000001

4.Location IDs included.: Binjai  
Overlap with clusters.: 1  
Coordinates / radius...: (3.600100 N, 98.485400 E) / 0 km  
Span.....: 20.85 km  
Gini Cluster.....: Yes  
Population.....: 295361  
Number of cases.....: 266  
Expected cases.....: 122.02  
Annual cases / 100000.: 90.1  
Observed / expected...: 2.18  
Relative risk.....: 2.24  
Log likelihood ratio...: 65.217839  
P-value.....: < 0.000000000000000001

5.Location IDs included.: Tebing Tinggi  
Overlap with clusters.: No Overlap  
Coordinates / radius...: (3.325000 N, 99.141670 E) / 0 km  
Span.....: 0 km  
Gini Cluster.....: Yes  
Population.....: 174969  
Number of cases.....: 184  
Expected cases.....: 72.28  
Annual cases / 100000.: 105.2  
Observed / expected...: 2.55  
Relative risk.....: 2.60  
Log likelihood ratio...: 61.333599  
P-value.....: < 0.000000000000000001

6.Location IDs included.: Pematangsiantar  
Overlap with clusters.: No Overlap  
Coordinates / radius...: (2.966670 N, 99.050000 E) / 0 km  
Span.....: 0 km  
Gini Cluster.....: Yes  
Population.....: 270768  
Number of cases.....: 185  
Expected cases.....: 111.86  
Annual cases / 100000.: 68.4  
Observed / expected...: 1.65  
Relative risk.....: 1.68

Log likelihood ratio...: 20.421808  
P-value.....: 0.000000014

7.Location IDs included.: Nias(1)  
Overlap with clusters.: No Overlap  
Coordinates / radius...: (1.033330 N, 97.766670 E) / 0 km  
Span.....: 0 km  
Gini Cluster.....: Yes  
Population.....: 147794  
Number of cases.....: 92  
Expected cases.....: 61.06  
Annual cases / 100000.: 62.3  
Observed / expected...: 1.51  
Relative risk.....: 1.52  
Log likelihood ratio...: 6.861134  
P-value.....: 0.011

8.Location IDs included.: Tapanuli Utara, Toba  
Overlap with clusters.: No Overlap  
Coordinates / radius...: (2.002800 N, 99.070700 E) / 36.47 km  
Span.....: 36.47 km  
Gini Cluster.....: No  
Population.....: 523976  
Number of cases.....: 247  
Expected cases.....: 216.47  
Annual cases / 100000.: 47.2  
Observed / expected...: 1.14  
Relative risk.....: 1.15  
Log likelihood ratio...: 2.144876  
P-value.....: 0.657

---

#### PARAMETER SETTINGS

##### Input

-----

Case File : C:\Users\Bryan\Cases(2).cas  
Population File : C:\Users\Bryan\Population.pop  
Time Precision : None  
Start Time : 2021/1/1  
End Time : 2021/12/31  
Coordinates File : C:\Users\Bryan\Coordinates.geo  
Coordinates : Latitude/Longitude

## Analysis

-----

Type of Analysis : Purely Spatial  
Probability Model : Discrete Poisson  
Scan for Areas with : High Rates

## Output

-----

Main Results File : C:\Users\Bryan\Documents\UI Stuff\Spasial  
Stuff\2021 Run Legit.txt

## Data Checking

-----

Temporal Data Check : Check to ensure that all cases and  
controls are within the specified temporal study period.  
Geographical Data Check : Check to ensure that all observations  
(cases, controls and populations) are within the specified  
geographical area.

## Spatial Neighbors

-----

Use Non-Euclidean Neighbors file : No  
Use Meta Locations File : No  
Observations with Multiple Locations : One location per  
observation.

## Locations Network

-----

Use Locations Network File : No

## Spatial Window

-----

Maximum Spatial Cluster Size : 50 percent of population at risk  
Window Shape : Circular  
Isotonic Scan : No

## Cluster Restrictions

-----

Minimum Cases in Cluster for High Rates : 2  
Restrict High Rate Clusters : No

## Space And Time Adjustments

-----

Adjust for known relative risks : No



## Inference

-----

P-Value Reporting : Default Combination  
Number of Replications : 999  
Adjusting for More Likely Clusters : No

## Cluster Drilldown

-----

Standard Drilldown on Detected Clusters : No

## Miscellaneous Analysis

-----

Report Oliveira's F : No

## Spatial Output

-----

Report Hierarchical Clusters : Yes  
Criteria for Reporting Secondary Clusters : No Geographical Overlap  
Report Gini Optimized Cluster Collection : Yes  
Gini Index Based Collection Reporting : Optimal Only  
Report Gini Index Cluster Coefficients : No  
Restrict Reporting to Smaller Clusters : No

## Other Output

-----

Report Critical Values : No  
Report Monte Carlo Rank : No  
User Defined Title :

## Notifications

-----

Always Send Email : No  
Send Email With Results Meeting Cutoff : No

## Run Options

-----

Processor Usage : All Available Processors  
Suppress Warnings : No  
Logging Analysis : No

---

Program completed : Tue Mar 18 20:42:42 2025  
Total Running Time : 0 seconds  
Processor Usage : 12 processors

- **Output Satscan untuk *Purely Spatial Poisson* untuk kasus kecelakaan lalu lintas di Sumatera Utara Tahun 2022**

---

SaTScan v10.2.5

---

Program run on: Tue Mar 18 20:44:35 2025

Purely Spatial analysis  
scanning for clusters with high rates  
using the Discrete Poisson model.

---

---

SUMMARY OF DATA

Study period.....: 2022/1/1 to 2022/12/31  
Number of locations.....: 27  
Population, averaged over time.....: 13756944  
Total number of cases.....: 6465  
Annual cases / 100000.....: 47.0

---

---

CLUSTERS DETECTED

1.Location IDs included.: Binjai, Medan  
Overlap with clusters.: 2, 4  
Coordinates / radius..: (3.600100 N, 98.485400 E) / 20.85 km  
Span.....: 20.85 km  
Gini Cluster.....: No  
Population.....: 2794521  
Number of cases.....: 2273  
Expected cases.....: 1313.27  
Annual cases / 100000.: 81.4  
Observed / expected...: 1.73  
Relative risk.....: 2.13  
Log likelihood ratio..: 382.723116  
P-value.....: < 0.000000000000000001

2.Location IDs included.: Medan  
Overlap with clusters.: 1

Coordinates / radius...: (3.650000 N, 98.666670 E) / 0 km  
 Span.....: 0 km  
 Gini Cluster.....: Yes  
 Population.....: 2494512  
 Number of cases.....: 1974  
 Expected cases.....: 1172.28  
 Annual cases / 100000.: 79.2  
 Observed / expected...: 1.68  
 Relative risk.....: 1.98  
 Log likelihood ratio...: 290.994312  
 P-value.....: < 0.000000000000000001

3.Location IDs included.: Tanjungbalai, Asahan, Batubara,  
 Pematangsiantar, Tebing Tinggi,

Labuhanbatu

Overlap with clusters.: No Overlap  
 Coordinates / radius...: (2.958330 N, 99.791670 E) / 84.14 km  
 Span.....: 158.57 km  
 Gini Cluster.....: Yes  
 Population.....: 2343661  
 Number of cases.....: 1650  
 Expected cases.....: 1101.39  
 Annual cases / 100000.: 70.4  
 Observed / expected...: 1.50  
 Relative risk.....: 1.67  
 Log likelihood ratio...: 147.389075  
 P-value.....: < 0.000000000000000001

4.Location IDs included.: Binjai

Overlap with clusters.: 1  
 Coordinates / radius...: (3.600100 N, 98.485400 E) / 0 km  
 Span.....: 20.85 km  
 Gini Cluster.....: Yes  
 Population.....: 300009  
 Number of cases.....: 299  
 Expected cases.....: 140.99  
 Annual cases / 100000.: 99.7  
 Observed / expected...: 2.12  
 Relative risk.....: 2.18  
 Log likelihood ratio...: 68.758052  
 P-value.....: < 0.000000000000000001

5.Location IDs included.: Toba

Overlap with clusters.: 6  
 Coordinates / radius...: (2.329940 N, 99.044472 E) / 0 km

Span.....: 0 km  
Gini Cluster.....: Yes  
Population.....: 212133  
Number of cases.....: 141  
Expected cases.....: 99.69  
Annual cases / 100000.: 66.5  
Observed / expected...: 1.41  
Relative risk.....: 1.42  
Log likelihood ratio...: 7.707957  
P-value.....: 0.0041

6.Location IDs included.: Tapanuli Utara, Toba  
Overlap with clusters.: 5  
Coordinates / radius...: (2.002800 N, 99.070700 E) / 36.47 km  
Span.....: 36.47 km  
Gini Cluster.....: No  
Population.....: 530557  
Number of cases.....: 295  
Expected cases.....: 249.33  
Annual cases / 100000.: 55.6  
Observed / expected...: 1.18  
Relative risk.....: 1.19  
Log likelihood ratio...: 4.116169  
P-value.....: 0.134

7.Location IDs included.: Dairi  
Overlap with clusters.: No Overlap  
Coordinates / radius...: (2.866670 N, 98.233330 E) / 0 km  
Span.....: 0 km  
Gini Cluster.....: No  
Population.....: 315460  
Number of cases.....: 170  
Expected cases.....: 148.25  
Annual cases / 100000.: 53.9  
Observed / expected...: 1.15  
Relative risk.....: 1.15  
Log likelihood ratio...: 1.560413  
P-value.....: 0.857

8.Location IDs included.: Nias(1)  
Overlap with clusters.: No Overlap  
Coordinates / radius...: (1.033330 N, 97.766670 E) / 0 km  
Span.....: 0 km  
Gini Cluster.....: No  
Population.....: 149249

Number of cases.....: 84  
Expected cases.....: 70.14  
Annual cases / 100000.: 56.3  
Observed / expected...: 1.20  
Relative risk.....: 1.20  
Log likelihood ratio...: 1.302460  
P-value.....: 0.924

---

#### PARAMETER SETTINGS

##### Input

-----

Case File : C:\Users\Bryan\Cases.cas  
Population File : C:\Users\Bryan\Population.pop  
Time Precision : None  
Start Time : 2022/1/1  
End Time : 2022/12/31  
Coordinates File : C:\Users\Bryan\Coordinates.geo  
Coordinates : Latitude/Longitude

##### Analysis

-----

Type of Analysis : Purely Spatial  
Probability Model : Discrete Poisson  
Scan for Areas with : High Rates

##### Output

-----

Main Results File : C:\Users\Bryan\Documents\UI Stuff\Spasial  
Stuff\2022 Run Legit.txt

##### Data Checking

-----

Temporal Data Check : Check to ensure that all cases and  
controls are within the specified temporal study period.  
Geographical Data Check : Check to ensure that all observations  
(cases, controls and populations) are within the specified  
geographical area.

##### Spatial Neighbors

-----

Use Non-Euclidean Neighbors file : No  
Use Meta Locations File : No

Observations with Multiple Locations : One location per observation.

#### Locations Network

-----

Use Locations Network File : No

#### Spatial Window

-----

Maximum Spatial Cluster Size : 50 percent of population at risk  
Window Shape : Circular  
Isotonic Scan : No

#### Cluster Restrictions

-----

Minimum Cases in Cluster for High Rates : 2  
Restrict High Rate Clusters : No

#### Space And Time Adjustments

-----

Adjust for known relative risks : No

#### Inference

-----

P-Value Reporting : Default Combination  
Number of Replications : 999  
Adjusting for More Likely Clusters : No

#### Cluster Drilldown

-----

Standard Drilldown on Detected Clusters : No

#### Miscellaneous Analysis

-----

Report Oliveira's F : No

#### Spatial Output

-----

Report Hierarchical Clusters : Yes  
Criteria for Reporting Secondary Clusters : No Geographical Overlap  
Report Gini Optimized Cluster Collection : Yes  
Gini Index Based Collection Reporting : Optimal Only  
Report Gini Index Cluster Coefficients : No  
Restrict Reporting to Smaller Clusters : No

#### Other Output

-----

Report Critical Values : No  
Report Monte Carlo Rank : No  
User Defined Title :

#### Notifications

-----

Always Send Email : No  
Send Email With Results Meeting Cutoff : No

#### Run Options

-----

Processor Usage : All Available Processors  
Suppress Warnings : No  
Logging Analysis : No

---

Program completed : Tue Mar 18 20:44:35 2025  
Total Running Time : 0 seconds  
Processor Usage : 12 processors

#### - Code R untuk visualisasi Hotspot dari Purely Spatial Poisson model

# Load necessary libraries

library(sf)

library(ggplot2)

# Purely Spatial Dataframes

hotspot\_data <- list(

"2020" = data.frame(Lokasi = c("Kota Medan", "Kota Binjai")),

"2021" = data.frame(Lokasi = c("Kota Medan", "Kota Binjai")),

"2022" = data.frame(Lokasi = c("Kota Medan", "Kota Binjai"))

)

# Path to shapefile

shapefile\_path <- "C:\\Users\\Bryan\\Downloads\\Sumatera\_Utara\_ADMIN\_BPS.shp"

# Plot purely spatial hotspots

for (year in names(hotspot\_data)) {

print(plot\_hotspot(

year,

hotspot\_data,

```

"Hotspot Map of Traffic Accidents in North Sumatra",
c("Cluster" = "red", "Non-Cluster" = "yellow")
))
}

```

- **Output Satscan untuk *Space Time Poisson* untuk kasus kecelakaan lalu lintas di Sumatera Utara Tahun 2020, 2021, dan 2022.**

---

SaTScan v10.2.5

---

Program run on: Thu Mar 20 07:22:48 2025

Retrospective Space-Time analysis  
 scanning for clusters with high or low rates  
 using the Discrete Poisson model.

---



---

#### SUMMARY OF DATA

Study period.....: 2020/1/1 to 2022/12/31  
 Number of locations.....: 27  
 Population, averaged over time.....: 13567185  
 Total number of cases.....: 18164  
 Annual cases / 100000.....: 44.6

---



---

#### CLUSTERS DETECTED

1.Location IDs included.: Binjai, Kota Medan  
 Coordinates / radius..: (3.600100 N, 98.485400 E) / 20.73 km  
 Span.....: 20.73 km  
 Time frame.....: 2022/1/1 to 2022/12/31  
 Population.....: 2708527  
 Number of cases.....: 2273  
 Expected cases.....: 1243.88  
 Annual cases / 100000.: 81.5  
 Observed / expected...: 1.83  
 Relative risk.....: 1.95  
 Log likelihood ratio..: 373.142304



P-value.....: 0.001

2.Location IDs included.: Binjai, Kota Medan

Coordinates / radius..: (3.600100 N, 98.485400 E) / 20.73 km

Span.....: 20.73 km

Time frame.....: 2020/1/1 to 2020/12/31

Population.....: 2708527

Number of cases.....: 2126

Expected cases.....: 1161.24

Annual cases / 100000.: 81.7

Observed / expected...: 1.83

Relative risk.....: 1.94

Log likelihood ratio...: 348.846199

P-value.....: 0.001

3.Location IDs included.: Kabupaten Deli Serdang

Coordinates / radius..: (3.416670 N, 98.666670 E) / 0 km

Span.....: 0 km

Time frame.....: 2020/1/1 to 2020/12/31

Population.....: 2043017

Number of cases.....: 318

Expected cases.....: 982.34

Annual cases / 100000.: 14.4

Observed / expected...: 0.32

Relative risk.....: 0.31

Log likelihood ratio...: 318.353123

P-value.....: 0.001

4.Location IDs included.: Tanjungbalai, Kabupaten Asahan, Kabupaten Batu Bara, Pematangsiantar,

Kota Tebing Tinggi, Kabupaten Labuhan Batu

Coordinates / radius..: (2.966670 N, 99.800000 E) / 84.62 km

Span.....: 158.57 km

Time frame.....: 2022/1/1 to 2022/12/31

Population.....: 2304994

Number of cases.....: 1650

Expected cases.....: 1043.34

Annual cases / 100000.: 70.6

Observed / expected...: 1.58

Relative risk.....: 1.64

Log likelihood ratio...: 160.491738

P-value.....: 0.001

5.Location IDs included.: Kota Sibolga, Kabupaten Tapanuli Tengah, Kabupaten Tapanuli Utara,

Kabupaten Tapanuli Selatan, Kota  
 Padangsidimpuan, Kabupaten Humbang  
 Hasundutan, Kabupaten Toba, Kabupaten  
 Samosir, Kabupaten Pakpak  
 Bharat, Kabupaten Mandailing Natal,  
 Kabupaten Simalungun, Kabupaten  
 Padang Lawas  
 Coordinates / radius...: (1.733330 N, 98.800000 E) / 136.19 km  
 Span.....: 236.86 km  
 Time frame.....: 2021/1/1 to 2021/12/31  
 Population.....: 3599918  
 Number of cases.....: 1006  
 Expected cases.....: 1619.46  
 Annual cases / 100000..: 27.7  
 Observed / expected...: 0.62  
 Relative risk.....: 0.60  
 Log likelihood ratio...: 145.728821  
 P-value.....: 0.001

6.Location IDs included.: Kota Tebing Tinggi  
 Coordinates / radius...: (3.325000 N, 99.141670 E) / 0 km  
 Span.....: 0 km  
 Time frame.....: 2020/1/1 to 2020/12/31  
 Population.....: 172961  
 Number of cases.....: 252  
 Expected cases.....: 74.76  
 Annual cases / 100000..: 150.4  
 Observed / expected...: 3.37  
 Relative risk.....: 3.40  
 Log likelihood ratio...: 129.839295  
 P-value.....: 0.001

7.Location IDs included.: Kabupaten Labuhan Batu  
 Coordinates / radius...: (2.266670 N, 100.100000 E) / 0 km  
 Span.....: 0 km  
 Time frame.....: 2020/1/1 to 2020/12/31  
 Population.....: 503208  
 Number of cases.....: 453  
 Expected cases.....: 224.17  
 Annual cases / 100000..: 90.2  
 Observed / expected...: 2.02  
 Relative risk.....: 2.05  
 Log likelihood ratio...: 91.319876  
 P-value.....: 0.001

---

## PARAMETER SETTINGS

### Input

-----  
Case File :  
C:\Users\Admin\Downloads\number\_of\_traffic\_accidents\_2020-2022.csv  
Population File :  
C:\Users\Admin\Downloads\data\_population\_2020-2022.csv  
Time Precision : Year  
Start Time : 2020/1/1  
End Time : 2022/12/31  
Coordinates File : C:\Users\Admin\Downloads\data\_location.csv  
Coordinates : Latitude/Longitude

### Analysis

-----  
Type of Analysis : Retrospective Space-Time  
Probability Model : Discrete Poisson  
Scan for Areas with : High or Low Rates  
Time Aggregation Units : Year  
Time Aggregation Length : 1

### Output

-----  
Main Results File :  
C:\Users\Admin\Downloads\SaTScan\Space-Time\_Poisson.txt  
Google Earth File :  
C:\Users\Admin\Downloads\SaTScan\Space-Time\_Poisson.kml  
Google Maps File :  
C:\Users\Admin\Downloads\SaTScan\Space-Time\_Poisson.clustermmap.html  
Shapefile (Cluster) :  
C:\Users\Admin\Downloads\SaTScan\Space-Time\_Poisson.col.shp  
Cartesian Graph File :  
C:\Users\Admin\Downloads\SaTScan\Space-Time\_Poisson.cluster.html  
Cluster File :  
C:\Users\Admin\Downloads\SaTScan\Space-Time\_Poisson.col.dbf  
Location File :  
C:\Users\Admin\Downloads\SaTScan\Space-Time\_Poisson.gis.dbf  
Shapefile (Locations) :  
C:\Users\Admin\Downloads\SaTScan\Space-Time\_Poisson.gis.shp

### Data Checking

-----

Temporal Data Check : Check to ensure that all cases and controls are within the specified temporal study period.

Geographical Data Check : Check to ensure that all observations (cases, controls and populations) are within the specified geographical area.

#### Spatial Neighbors

-----

Use Non-Euclidean Neighbors file : No

Use Meta Locations File : No

Observations with Multiple Locations : One location per observation.

#### Locations Network

-----

Use Locations Network File : No

#### Spatial Window

-----

Maximum Spatial Cluster Size : 50 percent of population at risk

Include Purely Temporal Clusters : No

Window Shape : Circular

#### Temporal Window

-----

Minimum Temporal Cluster Size : 1 Year

Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period

Include Purely Spatial Clusters : No

#### Cluster Restrictions

-----

Minimum Cases in Cluster for High Rates : 2

Restrict High Rate Clusters : No

Restrict Low Rate Clusters : No

#### Space And Time Adjustments

-----

Temporal Adjustment : None

Adjust for Weekly Trends, Nonparametric : No

Spatial Adjustment : None

Adjust for known relative risks : No

#### Inference

-----

P-Value Reporting : Default Combination  
Number of Replications : 999  
Adjusting for More Likely Clusters : No

#### Cluster Drilldown

-----

Standard Drilldown on Detected Clusters : No  
Bernoulli Drilldown on Detected Clusters : No

#### Spatial Output

-----

Automatically Launch Map : Yes  
Compress KML File into KMZ File : No  
Include All Location IDs in the Clusters : Yes  
Cluster Location Threshold - Separate KML : 1000  
Report Hierarchical Clusters : Yes  
Criteria for Reporting Secondary Clusters : No Geographical Overlap  
Restrict Reporting to Smaller Clusters : No

#### Temporal Graphs

-----

Produce Temporal Graphs : No

#### Other Output

-----

Report Critical Values : No  
Report Monte Carlo Rank : No  
User Defined Title :

#### Notifications

-----

Always Send Email : No  
Send Email With Results Meeting Cutoff : No

#### Run Options

-----

Processor Usage : All Available Processors  
Suppress Warnings : No  
Logging Analysis : No

-----  
-----

Program completed : Thu Mar 20 07:22:51 2025  
Total Running Time : 3 seconds  
Processor Usage : 4 processors



### Penilaian Kinerja Kelompok

No	Nama	NPM	Kontribusi	Tingkat kontribusi
1.	Ammar Hanafi	2206051582	Aktif berdiskusi, menyusun makalah, <i>powerpoint</i> , dan poster bagian analisis data <i>space time</i> dan penutup.	100%
2.	Bryan Jonathan	2206052780	Aktif berdiskusi, menyusun makalah, <i>powerpoint</i> , dan poster bagian metode penelitian dan analisis data <i>purely spatial</i> .	100%
3.	Renata Shaula Alfino Ritonga	2206815812	Aktif berdiskusi, menyusun makalah, <i>powerpoint</i> , dan poster bagian pendahuluan dan tinjauan pustaka.	100%