

HOTSPOT DETECTION

TERHADAP KASUS KECELAKAAN
LALU LINTAS BERDASARKAN
KABUPATEN/KOTA DI SUMATERA
UTARA PADA TAHUN 2020-2022

Tugas 2 Topik Khusus 1: Spasial
Kelompok F



ANGGOTA KELOMPOK



AMMAR HANAFI
2206051582



BRYAN JONATHAN
2206052780



RENATA SHAULA ALFINO RITONGA
2206815812



DAFTAR ISI

1

PENDAHULUAN

2

TINJAUAN
PUSTAKA

3

METODE PENELITIAN

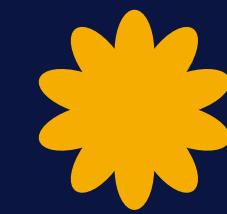
4

HASIL DAN
PEMBAHASAN

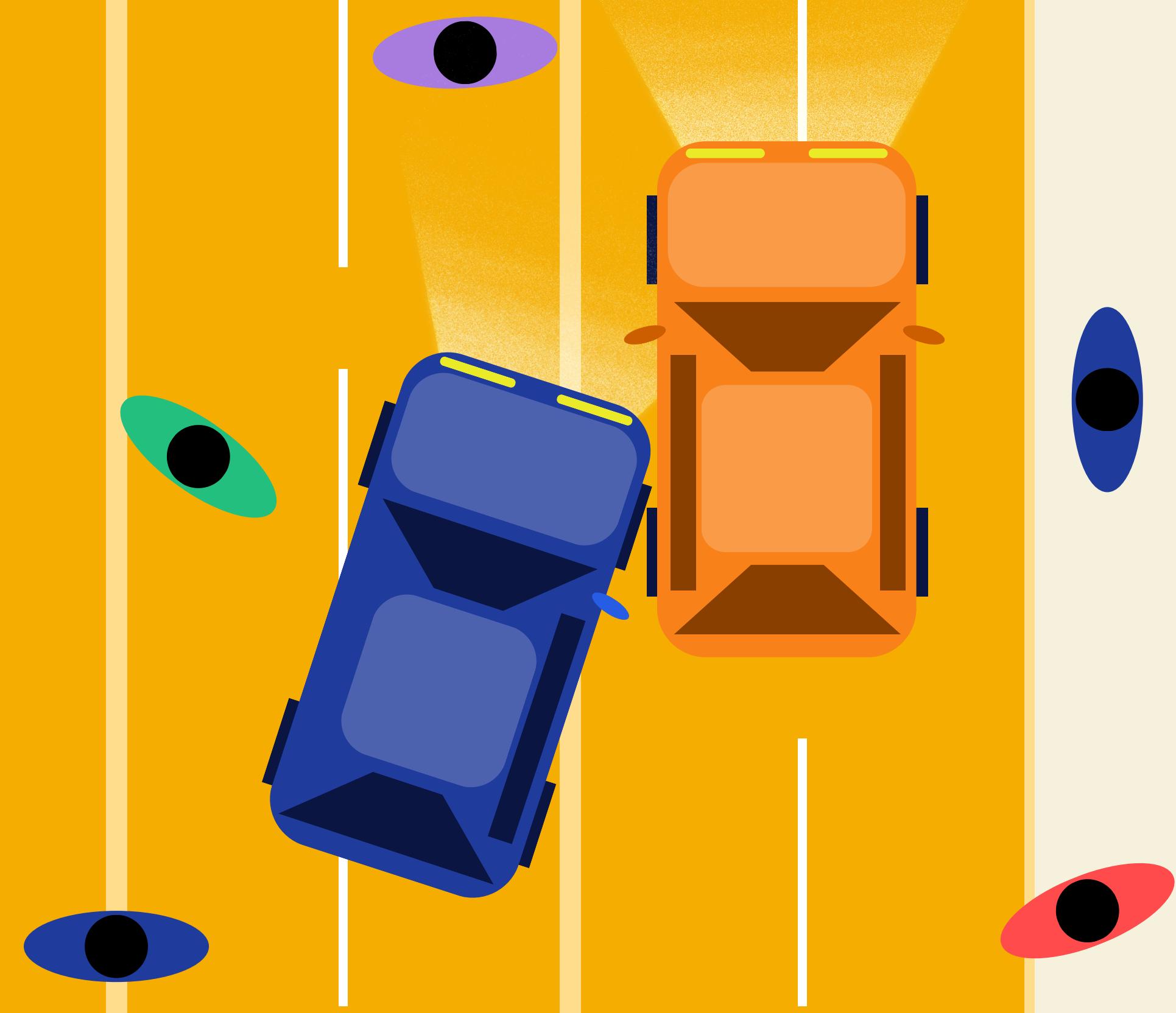
5

PENUTUP





1 PENDAHULUAN





LATAR BELAKANG

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.

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.

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.



RUMUSAN MASALAH



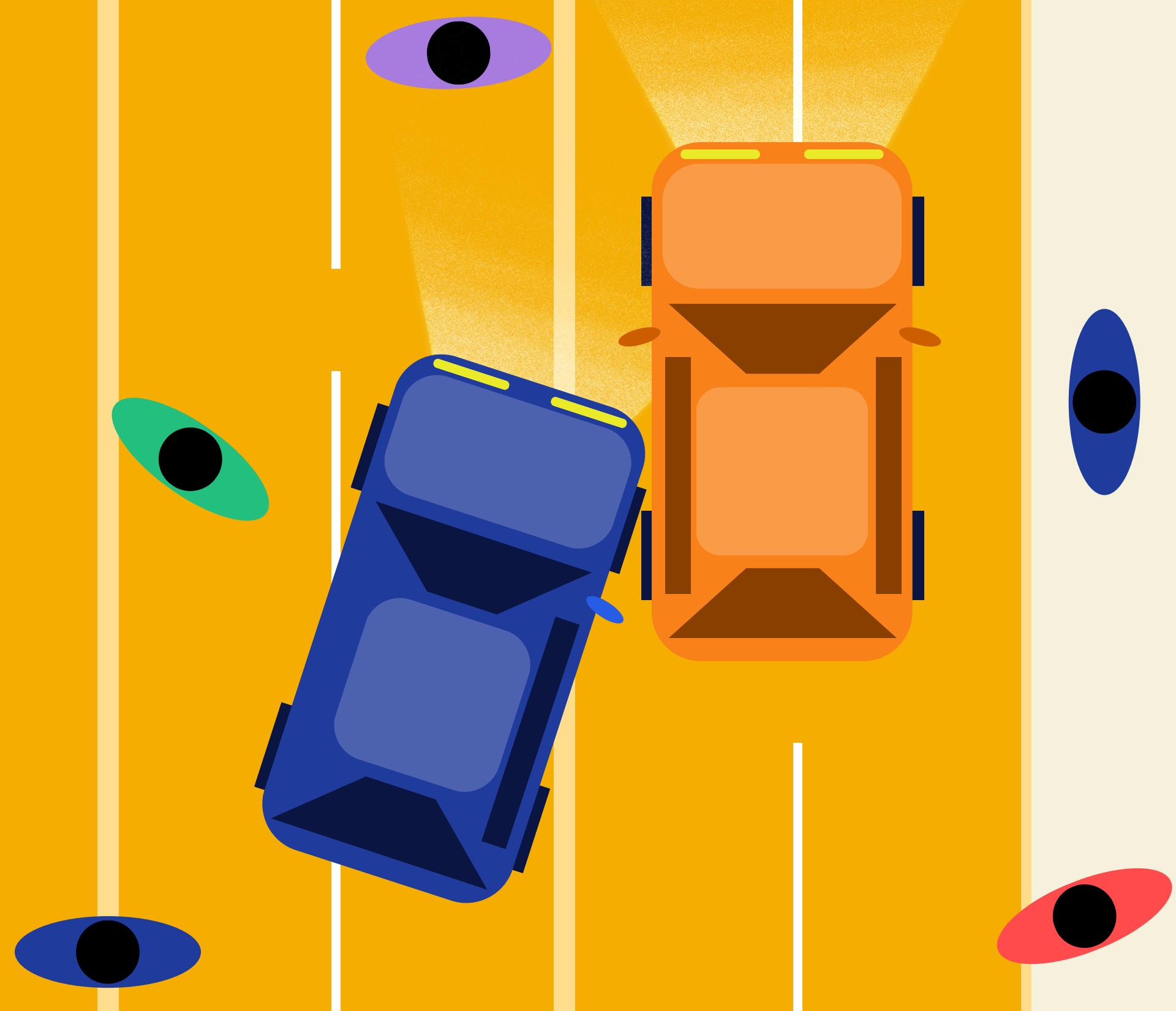
1. Bagaimana mendeteksi area hotspot kasus kecelakaan lalu lintas pada kabupaten/kota di Sumatera Utara pada tahun 2020-2022 menggunakan metode Purely Spatial Scan Statistics Poisson?
2. Bagaimana mendeteksi area hotspot kasus kecelakaan lalu lintas pada kabupaten/kota di Sumatera Utara pada tahun 2020-2022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



TUJUAN

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.

2 TINJAUAN PUSTAKA





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).



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 klaster tersebut signifikan secara statistik**.

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).



LANGKAH SPATIAL SCAN STATISTICS



- **Pengumpulan Data**

Untuk melakukan analisis dengan metode *spatial scan statistics*, diperlukan data yang mencakup:

- **Lokasi geografis**: Koordinat tempat kejadian.
- **Waktu kejadian**: Informasi tentang kapan kejadian terjadi.
- **Data Populasi**: Jumlah penduduk atau objek studi di setiap wilayah yang akan dianalisis.

- **Identifikasi Zona Potensial**

- Misalkan $N(A)$ merepresentasikan jumlah kejadian dalam suatu area A , sedangkan G adalah keseluruhan area studi.
- Zona Z didefinisikan sebagai bagian dari G yang berpotensi menjadi *hotspot* atau daerah dengan tingkat kejadian lebih tinggi.
- Dengan asumsi distribusi Poisson, probabilitas kejadian dalam suatu zona Z mengikuti model tertentu.

Secara matematis, jumlah kejadian dalam area A dinyatakan sebagai:

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

dimana:

- p adalah probabilitas kejadian dalam zona potensial Z .
- q adalah probabilitas kejadian di luar zona potensial Z dalam area studi G .



LANGKAH SPATIAL SCAN STATISTICS



- **Penetapan Hipotesis**

Untuk menentukan apakah suatu zona merupakan *hotspot*, diuji hipotesis berikut:

- $H_0: p = q$ (Tidak ada perbedaan probabilitas kejadian di dalam dan di luar zona potensial)
- $H_1: p > q$, $Z \geq Z$ (Probabilitas kejadian dalam zona potensial lebih tinggi dibandingkan di luar zona tersebut)

- **Likelihood Ratio**

- Distribusi kejadian dalam area studi diasumsikan mengikuti distribusi Poisson dengan fungsi probabilitas:

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

- Probabilitas adanya n_G titik kejadian dalam area studi dapat dinyatakan sebagai:

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



LANGKAH SPATIAL SCAN STATISTICS



- **Likelihood Ratio**
- Densitas probabilitas pada titik lokasi tertentu diberikan sebagai:

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

- Fungsi **Likelihood** untuk zona **Z** kemudian dinyatakan sebagai:

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

- Nilai maksimum dari fungsi **Likelihood** dicapai saat:

$$p = \frac{n_Z}{\mu(Z)}, \quad q = \frac{n_G - n_Z}{\mu(G) - \mu(Z)}$$

sehingga **Likelihood Ratio (LR)** untuk zona **Z** dihitung berdasarkan perbandingan nilai kemungkinan kejadian dalam dan di luar zona.

- Zona yang memiliki nilai **Likelihood Ratio** tertinggi dibandingkan zona lainnya dianggap sebagai *hotspot*.



SPACE TIME SCAN STATISTICS



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

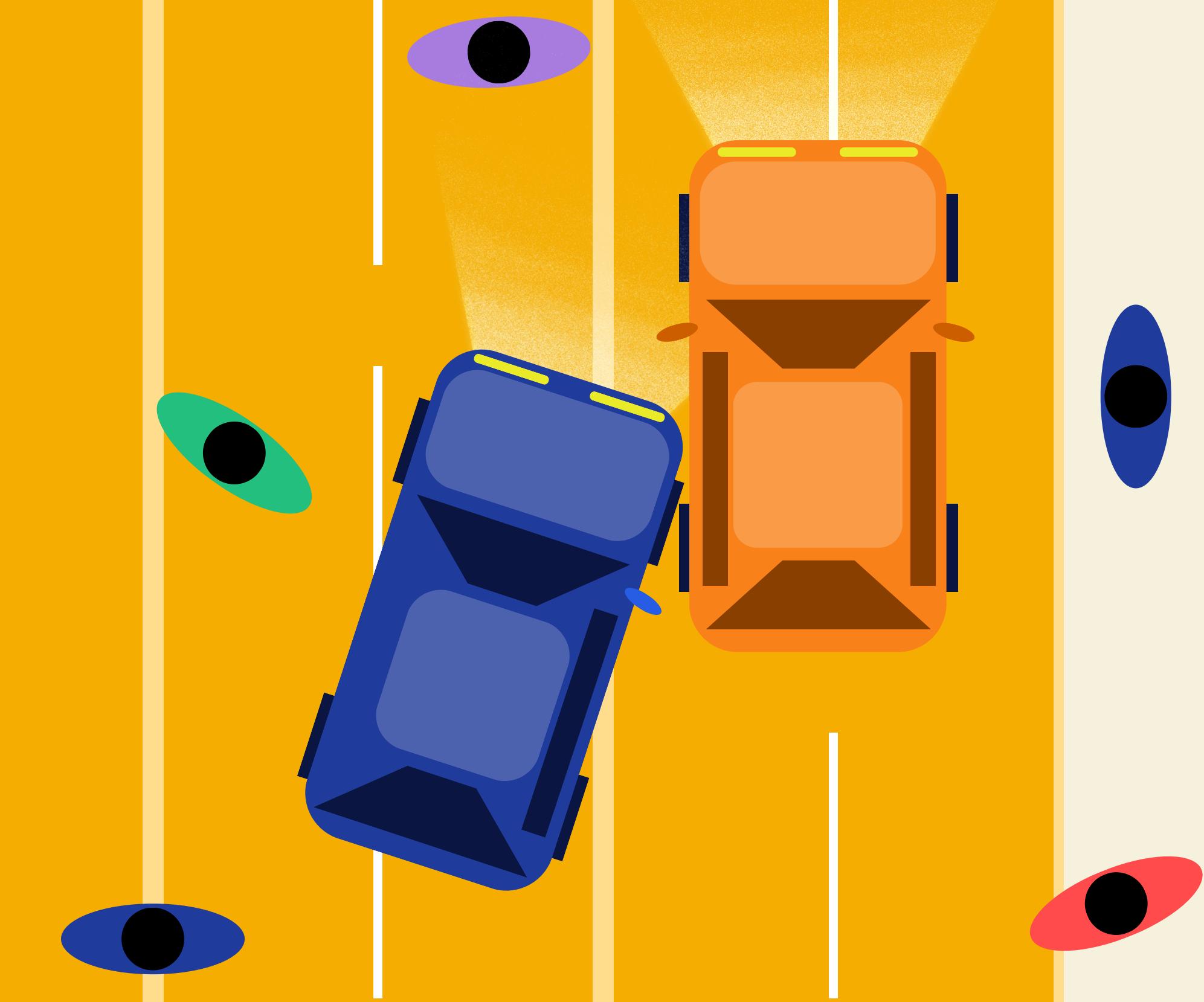


LANGKAH SPACE TIME SCAN STATISTICS



- Menentukan **area studi** dan periode waktu yang digunakan.
- Mengumpulkan **data spasial dan temporal**, seperti jumlah kecelakaan di setiap wilayah dan tahun.
- Membentuk kumpulan **jendela pemindaian** yang bergerak dalam dimensi ruang dan waktu.
- 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
- Melakukan pengujian hipotesis dengan pendekatan **likelihood ratio test (LLR)** untuk menentukan apakah terdapat klaster signifikan.
- Mencari **daerah yang potensial**, yaitu jendela pemindaian dengan log likelihood ratio tertinggi
- Menggunakan **metode Monte Carlo** untuk menilai signifikansi statistik dari klaster 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)

3 METODE PENELITIAN





METODE PENELITIAN

Data Penelitian

Data yang digunakan adalah sebagai berikut.

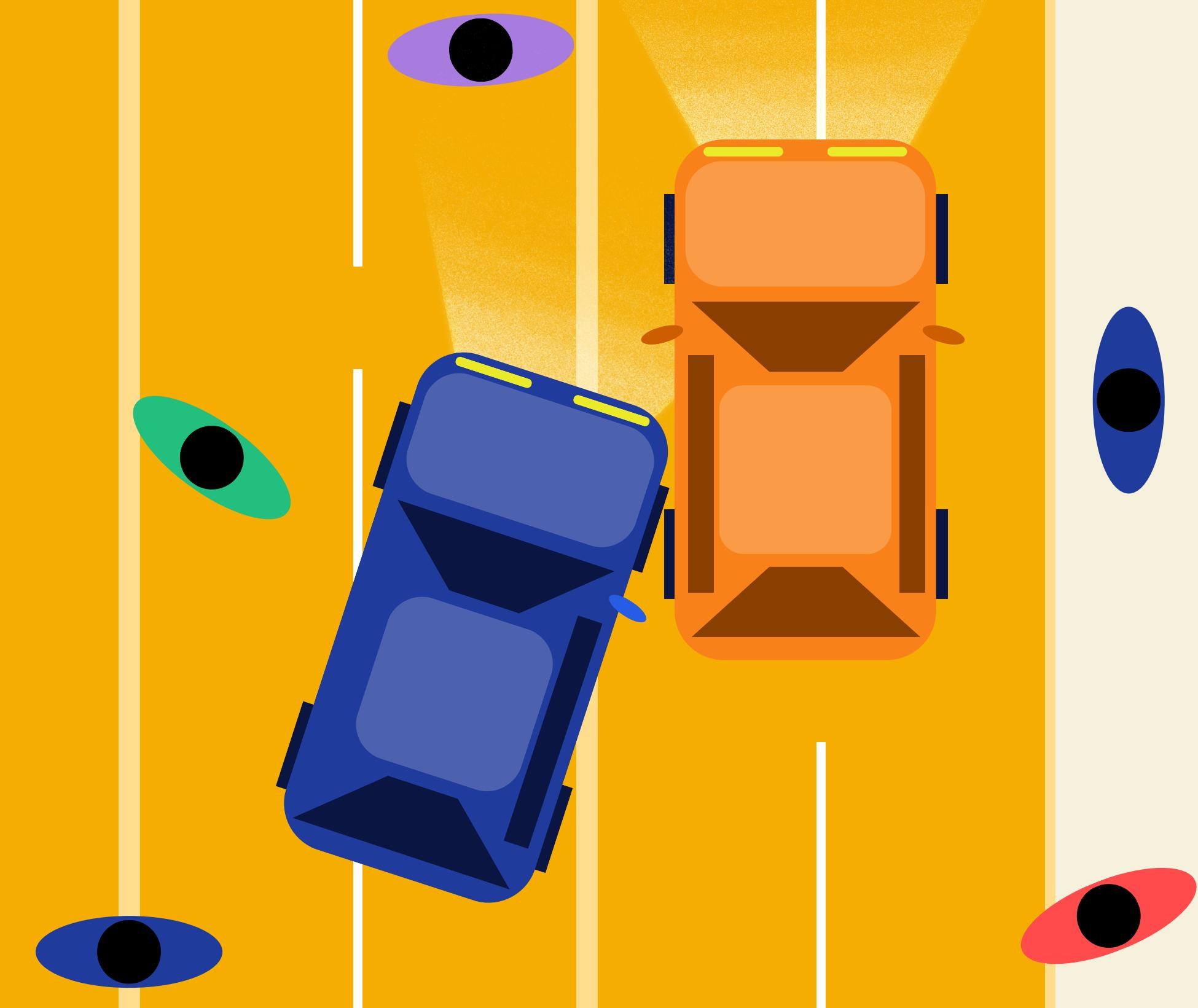
- Data jumlah kasus kecelakaan lalu lintas di 27 kabupaten/kota di Sumatera Utara tahun 2020 - 2022.
- Data jumlah penduduk di 27 kabupaten/kota di Sumatera Utara tahun 2020 - 2022.
- Data longitude dan latitude lokasi 27 kabupaten/kota di Sumatera Utara.
- Data diperoleh dari website Satu Data Indonesia, BPS Sumatera Utara, dan Ekosistem Data Sumut.

Metode Analisis

Langkah-langkah analisis adalah sebagai berikut:

1. Menentukan area studi, kasus, dan koordinat area studi.
2. Mengumpulkan data dan membentuk data sesuai format SatScan.
3. Melakukan analisis dengan metode scan statistic purely spatial poisson pada masing-masing tahun 2020, 2021, dan 2022 dan space time scan statistics pada tahun 2020-2022 menggunakan SatScan.
4. Membentuk peta area hotspot menggunakan R

4 HASIL DAN PEMBAHASAN





PURELY SPATIAL POISSON 2020

Cluster Hotspot

Pada tahun 2020, terdeteksi 4 klaster, di antaranya adalah

1. Kota Binjai dan Kota Medan
2. Kota Tebing Tinggi
3. Kabupaten Labuhan Batu
4. Kabupaten Nias

Uji Lanjutan

Hipotesis

H_0 : Daerah tersebut bukan hotspot

H_1 : Daerah tersebut merupakan hotspot

Aturan Keputusan

Tolak H_0 jika p-value < 0.05

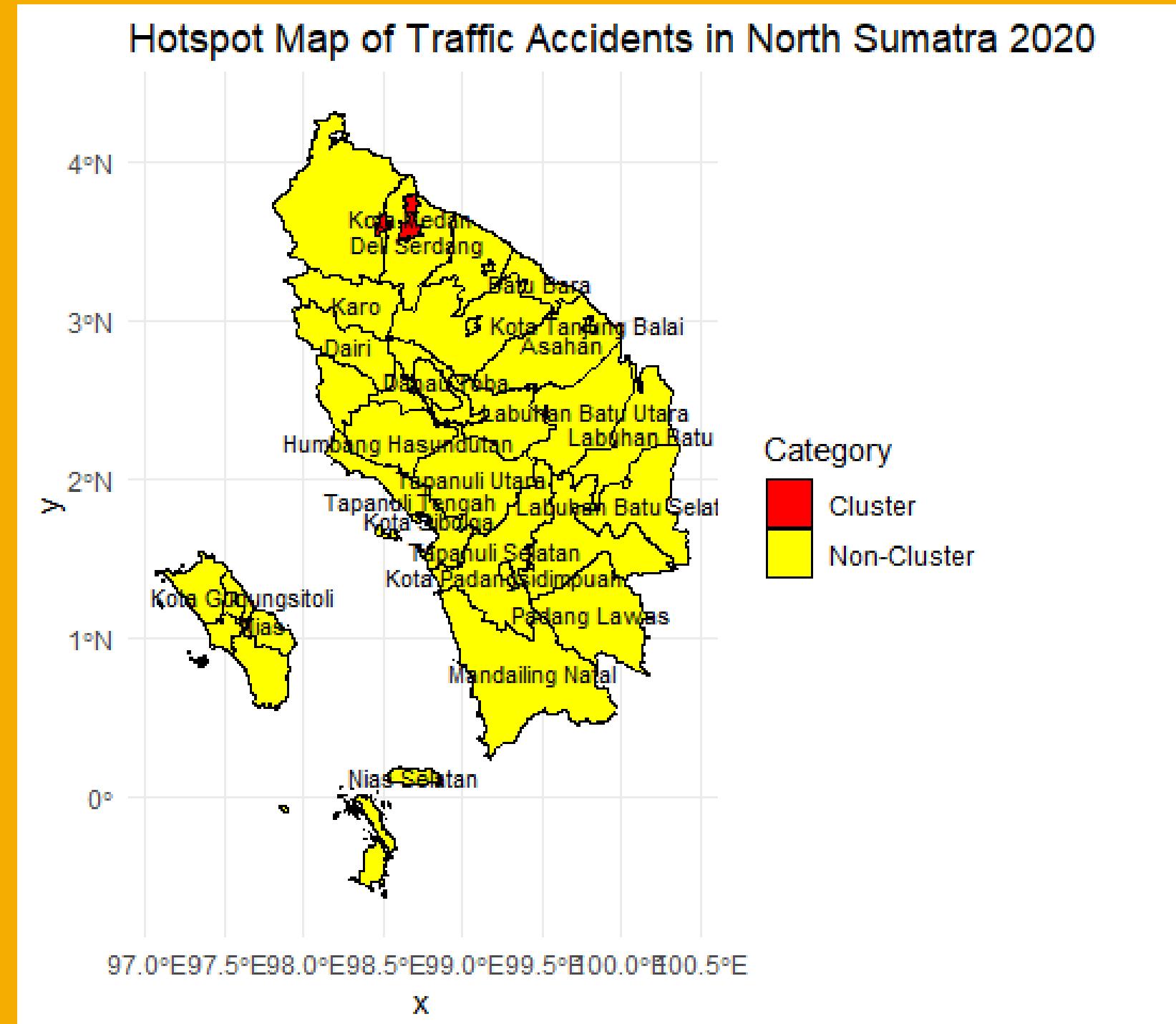
Uji Signifikansi

Klaster	Statistik Uji	p-value	Keputusan	Interpretasi
1	410.388771	< 0.0000000000000001	H_0 ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
2	129.413385	< 0.0000000000000001	H_0 ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
3	89.812173	< 0.0000000000000001	H_0 ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
4	14.788067	0.0000025	H_0 ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>



PURELY SPATIAL POISSON 2020

Peta Hotspot Kasus Kecelakaan Lalu Lintas Berdasarkan Kota/Kabupaten di Sumatera Utara Tahun 2020 Dengan Metode Purely Spatial Poisson



Berdasarkan uji hipotesis dan relative risk, daerah hotspot yang paling signifikan adalah **Kota Binjai** dan **Kota Medan** dengan relative risk 2.25. Hal ini dapat diartikan Kota Binjai dan Kota Medan memiliki peluang 2.25 kali lebih berisiko untuk terdapat kasus kecelakaan lalu lintas dibanding daerah lain yang bukan hotspot.



PURELY SPATIAL POISSON 2021

Cluster Hotspot

Pada tahun 2021, terdeteksi 8 klaster, di antaranya adalah

1. Kota Binjai dan Kota Medan
2. Kota Medan
3. Kabupaten Labuhan Batu
4. Kota Binjai
5. Kota Tebing Tinggi
6. Kota Pematang Siantar
7. Kabupaten Nias
8. Kabupaten Tapanuli Utara dan Kabupaten Toba

Uji Lanjutan

Hipotesis

H_0 : Daerah tersebut bukan hotspot

H_1 : Daerah tersebut merupakan hotspot

Aturan Keputusan

Tolak H_0 jika p-value < 0.05

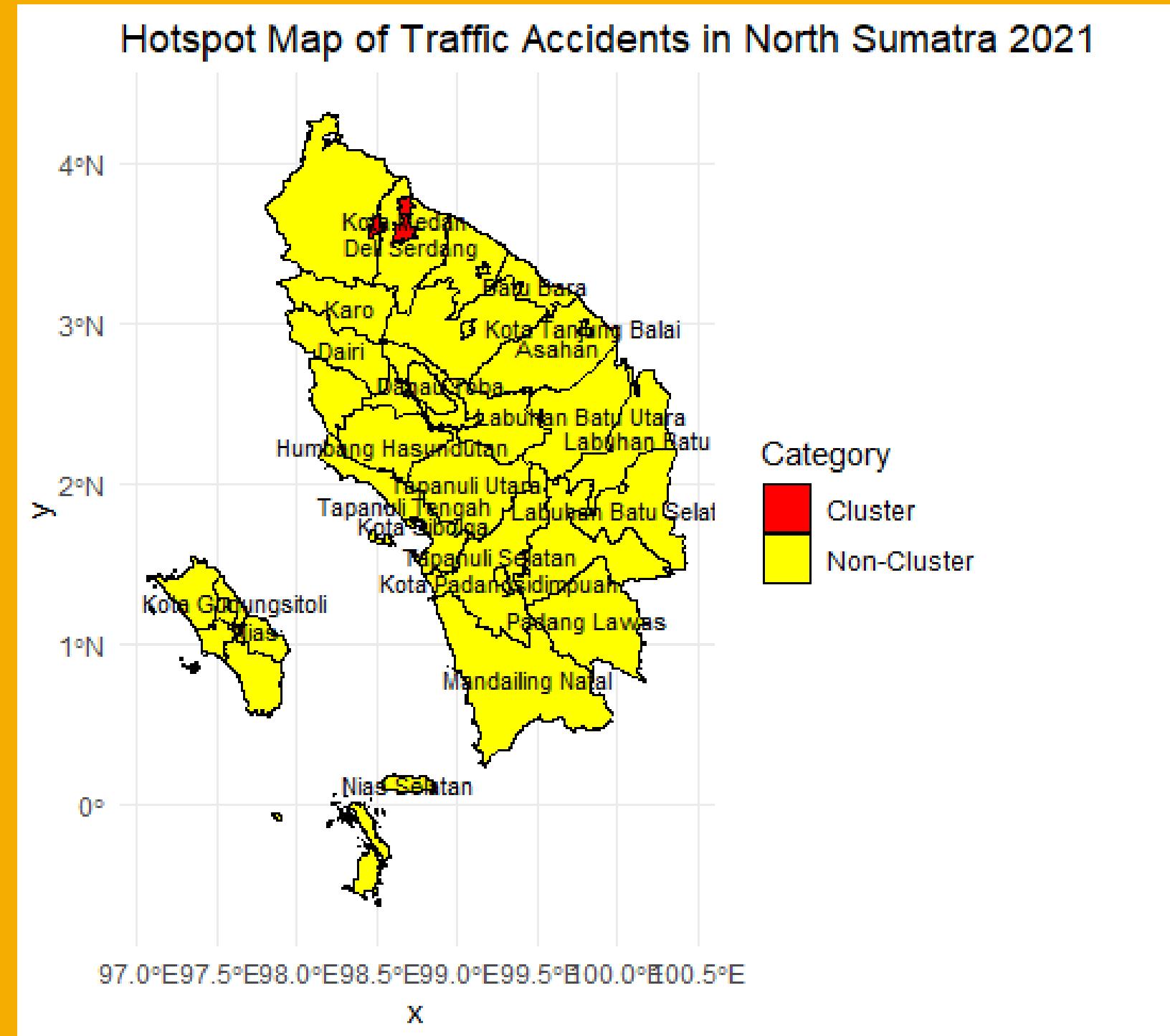
Uji Signifikansi

Klaster	Statistik Uji	p-value	Keputusan	Interpretasi
1	257.588989	<0.000000000000000001	H_0 ditolak	Klaster signifikan sebagai hotspot
2	181.490588	<0.000000000000000001	H_0 ditolak	Klaster signifikan sebagai hotspot
3	145.562066	<0.000000000000000001	H_0 ditolak	Klaster signifikan sebagai hotspot
4	65.217839	<0.000000000000000001	H_0 ditolak	Klaster signifikan sebagai hotspot
5	61.333599	<0.000000000000000001	H_0 ditolak	Klaster signifikan sebagai hotspot
6	20.421808	0.000000014	H_0 ditolak	Klaster signifikan sebagai hotspot
7	6.861134	0.011	H_0 ditolak	Klaster signifikan sebagai hotspot
8	2.144876	0.657	H_0 tidak ditolak	Klaster tidak signifikan sebagai hotspot



PURELY SPATIAL POISSON 2021

Peta Hotspot Kasus Kecelakaan Lalu Lintas Berdasarkan Kota/Kabupaten di Sumatera Utara Tahun 2021 Dengan Metode Purely Spatial Poisson



Berdasarkan uji hipotesis dan relative risk, daerah hotspot yang paling signifikan adalah **Kota Binjai** dan **Kota Medan** dengan relative risk 1.96 (lebih rendah dibanding 2020). 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.

PURELY SPATIAL POISSON 2022

Cluster Hotspot

Pada tahun 2022, terdeteksi 8 klaster, di antaranya adalah

- 1.Kota Binjai dan Kota Medan
 - 2.Kota Medan
 - 3.Tanjungbalai, Asahan, Batubara, Pematangsiantar
Tebing Tinggi, Labuhanbatu
 - 4.Kota Binjai
 - 5.Kabupaten Toba
 - 6.Kabupaten Tapanuli Utara dan Kabupaten Toba
 - 7.Kabupaten Dairi
 - 8.Kabupaten Nias

Uji Lanjutan

Hipotesis

H₀ : Daerah tersebut bukan hotspot

H1 : Daerah tersebut merupakan hotspot

Aturan Keputusan

Tolak H_0 jika p-value < 0.05

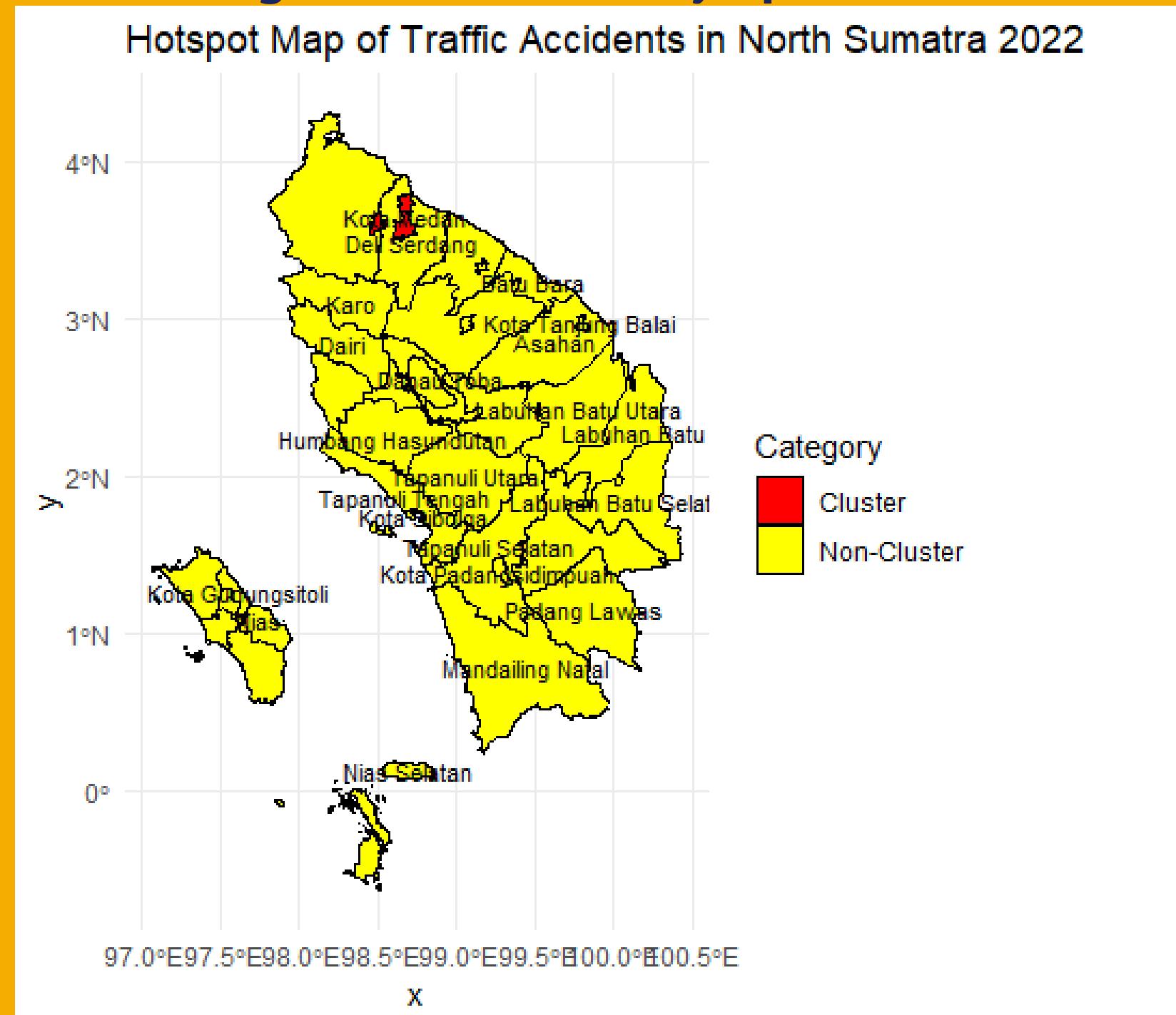
Uji Signifikans

Klaster	Statistik Uji	p-value	Keputusan	Interpretasi
1	382.723116	< 0.00000000000000000001	H_0 ditolak	Klaster signifikan sebagai hotspot
2	290.994312	< 0.00000000000000000001	H_0 ditolak	Klaster signifikan sebagai hotspot
3	147.389075	< 0.00000000000000000001	H_0 ditolak	Klaster signifikan sebagai hotspot
4	68.758052	< 0.00000000000000000001	H_0 ditolak	Klaster signifikan sebagai hotspot
5	7.707957	0.0041	H_0 ditolak	Klaster signifikan sebagai hotspot
6	4.116169	0.134	H_0 tidak ditolak	Klaster tidak signifikan sebagai hotspot
7	1.560413	0.857	H_0 tidak ditolak	Klaster tidak signifikan sebagai hotspot
8	1.302460	0.924	H_0 tidak ditolak	Klaster tidak signifikan sebagai hotspot



PURELY SPATIAL POISSON 2022

Peta Hotspot Kasus Kecelakaan Lalu Lintas Berdasarkan Kota/Kabupaten di Sumatera Utara Tahun 2022 Dengan Metode Purely Spatial Poisson



Berdasarkan uji hipotesis dan relative risk, daerah hotspot yang paling signifikan adalah **Kota Binjai** dan **Kota Medan** dengan relative risk 2.13 (naik dari 2021 namun tidak setinggi 2020). 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 PURELY SPATIAL POISSON

- 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.



Hasil analisis space time data kasus kecelakaan lalu lintas di 27 Kabupaten/Kota Sumatera Utara pada tahun 2020, 2021, dan 2022 secara umum menghasilkan cluster yang terbagi berdasarkan waktu dan tempat secara bersamaan.

Cluster Hotspot

Hasil analisis ini secara umum mendeteksi 7 cluster, antara lain:

1. Binjai dan Kota Medan (2022)
2. Binjai dan Kota Medan (2020)
3. Kabupaten Dli Serdang (2020)
4. Tanjungbalai, Kabupaten Asahan, Kabupaten Batu Bara, Pematangsiantar, Kota Tebing Tinggi, Kabupaten Labuhan Batu (2021)
5. 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 (2021)
6. Kota Tebing Tinggi (2020)
7. Kabupaten Labuhan Batu (2020)

Hipotesis

H₀ : Daerah tersebut bukan hotspot

H₁ : Daerah tersebut merupakan hotspot

Aturan Keputusan

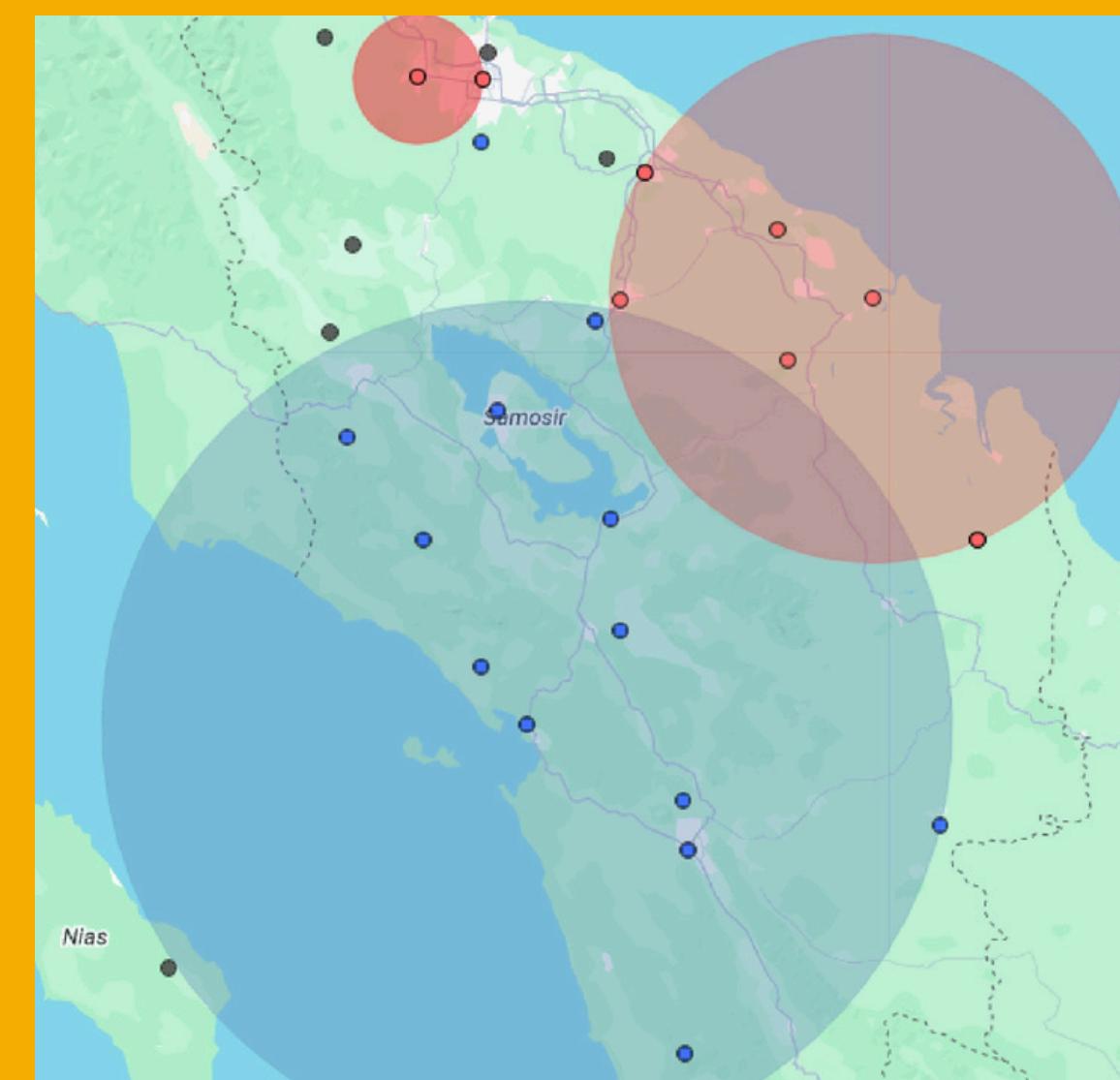
Tolak H₀ jika p-value < 0.05

Uji Signifikansi

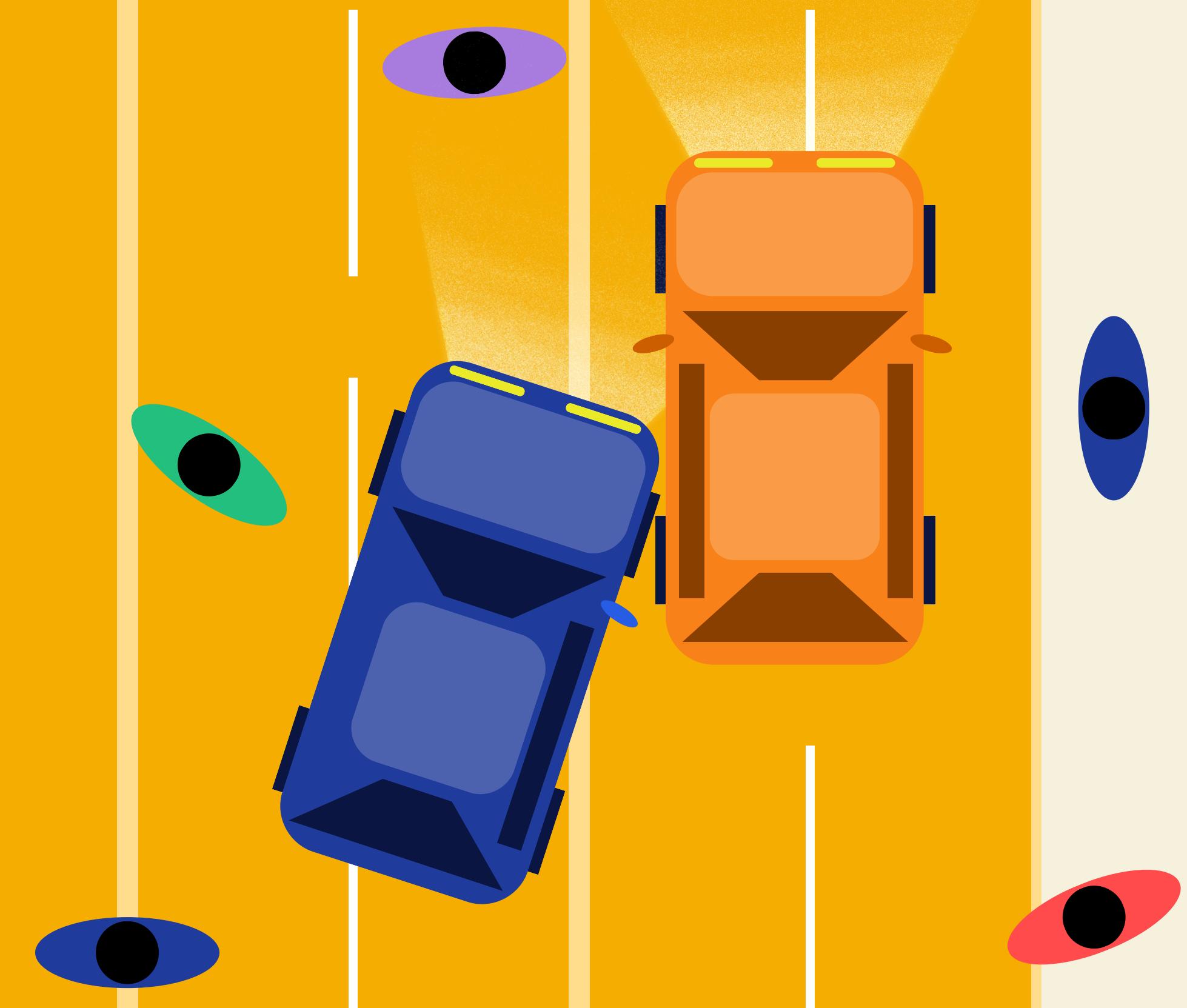
Klaster	Statistik Uji	p-value	Keputusan	Interpretasi
1	373.142304	0.001	H_0 ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
2	348.846199	0.001	H_0 ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
3	318.353123	0.001	H_0 ditolak	Klaster signifikan sebagai <i>hotspot</i>
4	160.491738	0.001	H_0 ditolak	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>

Peta Hotspot

Warna merah menunjukkan daerah hotspot dengan rate tinggi dan warna biru menunjukkan daerah dengan rate rendah.



PENUTUP





KESIMPULAN

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 klaster 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.



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.



REFERENSI

- 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.



THANK YOU





LAMPIRAN





OUTPUT SATSCAN PURELY SPATIAL POISSON 2020

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.....: < 0.0000000000000001

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.....: < 0.0000000000000001



OUTPUT SATSCAN PURELY SPATIAL POISSON 2020

```
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.....: < 0.0000000000000001

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
```



OUTPUT SATSCAN PURELY SPATIAL POISSON 2021

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.....: < 0.0000000000000001

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.....: < 0.0000000000000001

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.....: < 0.0000000000000001



OUTPUT SATSCAN PURELY SPATIAL POISSON 2021

```
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.....: < 0.0000000000000001

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.....: < 0.0000000000000001

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
```



OUTPUT SATSCAN PURELY SPATIAL POISSON 2022

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.....: < 0.0000000000000001

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.....: < 0.0000000000000001

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.....: < 0.0000000000000001



OUTPUT SATSCAN PURELY SPATIAL POISSON 2022

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.....: < 0.0000000000000001

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



OUTPUT SATSCAN SPACE TIME

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
Smax : 20.73 km



OUTPUT SATSCAN SPACE TIME

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



OUTPUT SATSCAN SPACE TIME

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



OUTPUT SATSCAN SPACE TIME

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



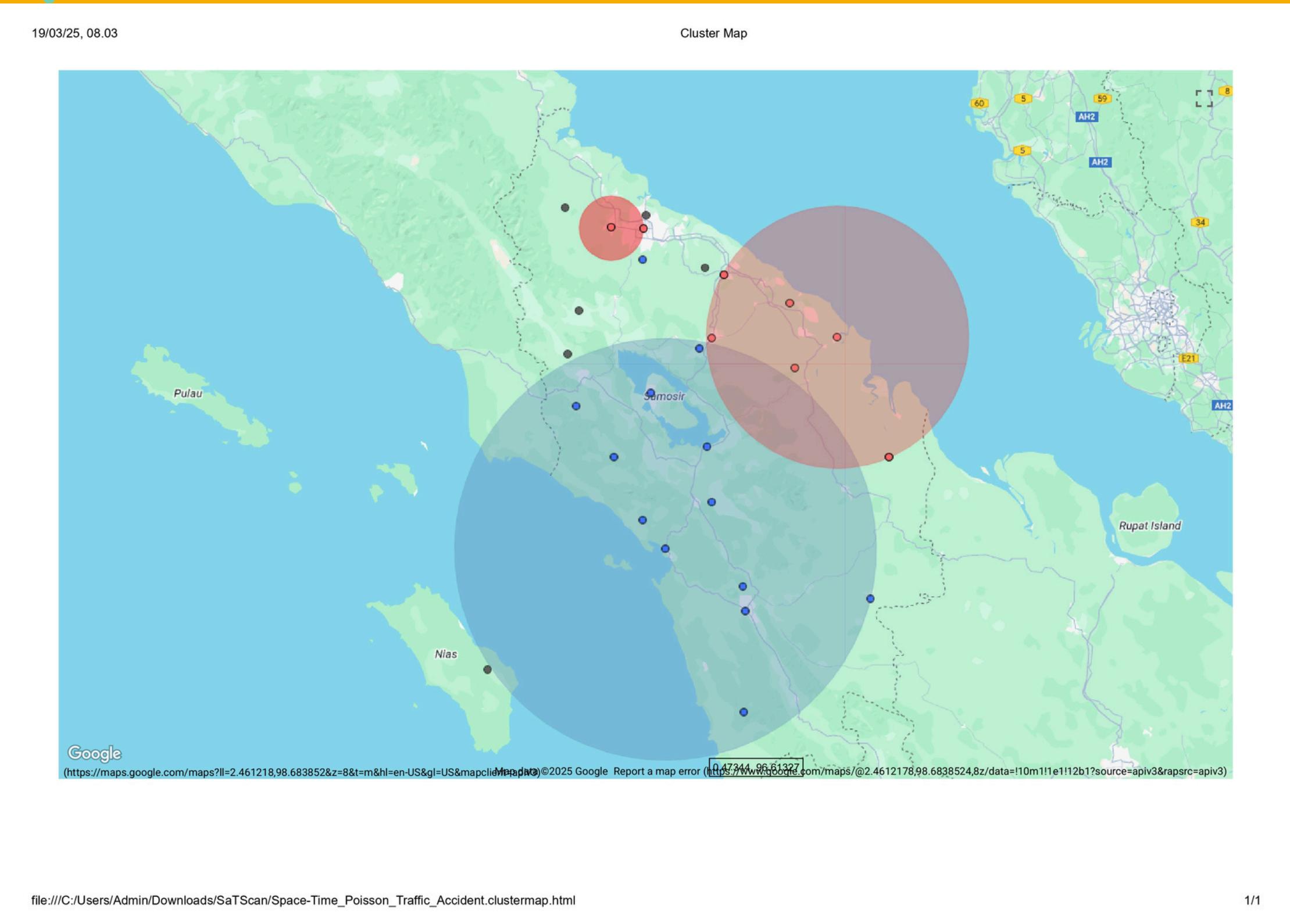
OUTPUT SATSCAN SPACE TIME

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

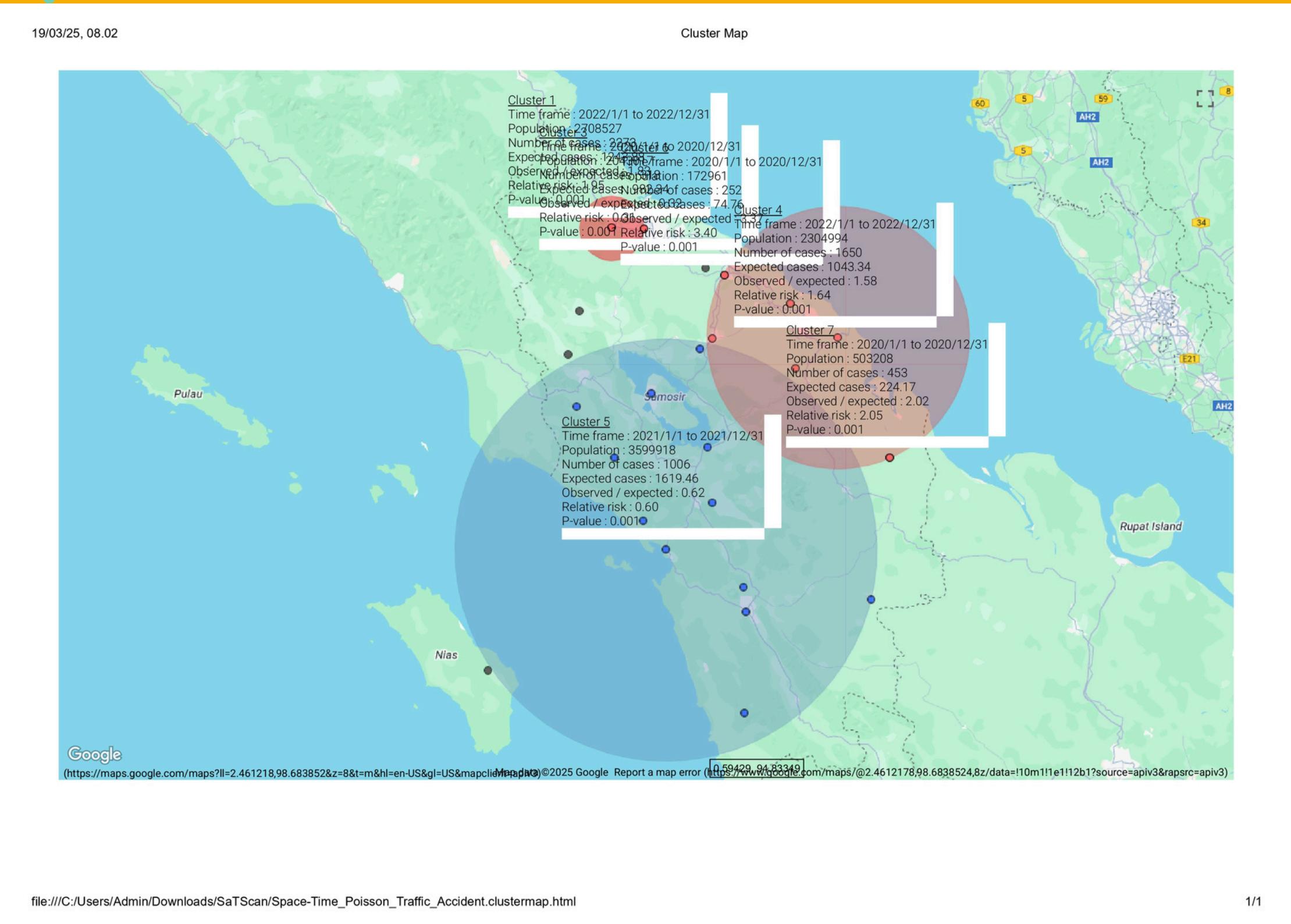


OUTPUT SATSCAN SPACE TIME





OUTPUT SATSCAN SPACE TIME





OUTPUT SATSCAN SPACE TIME

Clusters Graph

