

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1. Definisi dan Faktor Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas

Kecelakaan lalu lintas menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 adalah suatu peristiwa di jalan yang tidak diduga dan tidak disengaja melibatkan kendaraan dengan atau tanpa pengguna jalan lain yang mengakibatkan korban manusia dan/atau kerugian harta benda. Suatu kejadian kecelakaan mengandung unsur ketidaksengajaan dan tidak disangka-sangka, serta menimbulkan perasaan terkejut, heran, dan trauma bagi orang yang mengalami hal tersebut. Kecelakaan yang terjadi dengan disengaja dan telah direncanakan sebelumnya bukan merupakan kecelakaan lalu lintas, namun digolongkan sebagai suatu tindakan kriminal baik penganiayaan atau pembunuhan berencana (Wedasana, 2011).

Kecelakaan lalu lintas pada umumnya terjadi karena berbagai faktor penyebab yang bekerja secara serempak, seperti pelanggaran atau sikap tak hati-hati dari pengguna jalan (pengemudi dan pejalan kaki), kondisi jalan, kondisi kendaraan, cuaca, serta pandangan yang terhalang (Warpani, 2016). Faktor-faktor dominan penyebab terjadinya suatu kecelakaan antara lain (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004):

- Terbatasnya jarak pandang pengemudi.
- Pelanggaran terhadap rambu lalu lintas.
- Kecepatan tinggi seperti melebihi batas kecepatan yang diperkenankan.
- Kurang antisipasi terhadap kondisi lalu lintas seperti mendahului tidak aman.
- Kurang konsentrasi.
- Parkir di tempat yang salah.
- Kurangnya penerangan.
- Tidak memberi tanda kepada kendaraan lain.

2.2. Penentuan Lokasi Rawan Kecelakaan

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2004), lokasi rawan kecelakaan adalah suatu lokasi dimana angka kecelakaan tinggi dengan kejadian berulang dalam suatu ruang dan rentang waktu yang relatif sama yang diakibatkan oleh suatu penyebab tertentu. Suatu lokasi dinyatakan sebagai lokasi rawan kecelakaan lalu lintas apabila memiliki angka kecelakaan tinggi, lokasi kejadian kecelakaan relatif menumpuk, lokasi kecelakaan berupa persimpangan atau segmen ruas jalan sepanjang 100 m – 300 m untuk jalan perkotaan, ruas jalan sepanjang 1 km untuk jalan antar kota, kecelakaan terjadi dalam ruang dan rentang waktu yang relatif sama, dan memiliki penyebab kecelakaan dengan faktor yang spesifik.

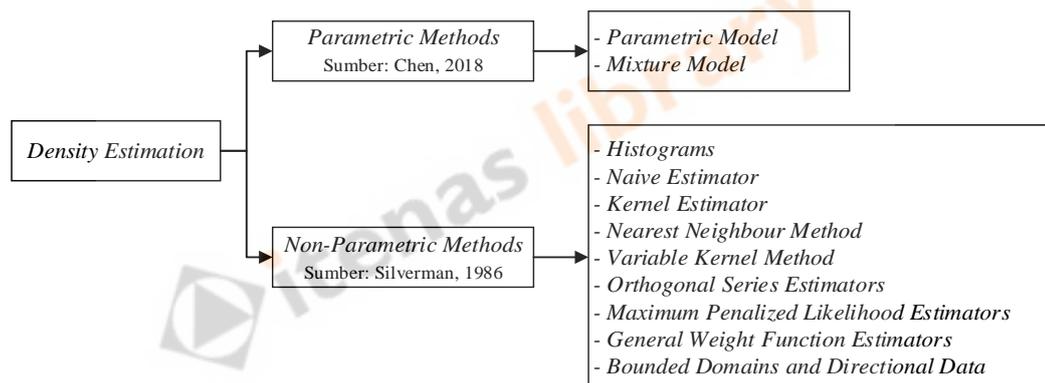
Meskipun tidak ada standar internasional yang digunakan untuk mengidentifikasi lokasi dengan kejadian kecelakaan jalan yang sering terjadi, dalam penelitian yang dilakukan oleh Mark, dkk. (2013) di Kota Quezon dan Masron, dkk. (2018) di Penang, Malaysia, istilah *black spot* digunakan untuk membedakan area jalan yang memiliki total kecelakaan lebih tinggi dibanding area jalan lainnya. Untuk membuat jalan yang lebih aman diperlukan identifikasi area yang tepat untuk meningkatkan keselamatan, jika tidak, sumber daya dapat terbuang sia-sia pada area yang diidentifikasi secara salah sebagai berpotensi tidak aman tetapi area yang benar-benar tidak aman justru tidak dirawat dan tetap tidak aman (Kowtanapanich, 2007). Metode untuk penentuan lokasi *black spot* menurut Kowtanapanich antara lain:

- Metode Jumlah Kecelakaan (*Number of Accidents Method*)
- Metode Kepadatan Kecelakaan (*Accident Density Method*)
- Metode Tingkat Kecelakaan (*Accident Rate Method*)
- Metode Indeks Keparahan (*Severity Index Method*)
- Metode Kontrol Kualitas (*Quality Control Method*)
- Metode Kombinasi (*Combined Method*)

Kowtanapanich (2007) menyebutkan bahwa metode kepadatan kecelakaan (*accident density method*) dilakukan dengan menghitung kepadatan kecelakaan dari jumlah kecelakaan per satuan panjang untuk ruas jalan raya. Lokasi yang

memiliki jumlah kecelakaan lebih besar dari yang telah ditentukan sebelumnya diklasifikasikan sebagai lokasi dengan tingkat kecelakaan tinggi (rawan kecelakaan).

Pendekatan estimasi kepadatan (*density estimation*) dapat dilakukan secara parametrik dan non parametrik (Silverman, 1986), seperti pada Gambar 2.1. Silverman menyebutkan metode yang termasuk ke dalam estimasi kepadatan non parametrik yaitu *naive estimator*, *kernel estimator*, *nearest neighbour method*, *variable kernel method*, *orthogonal series estimators*, *maximum penalized likelihood estimators*, *general weight function estimators*, dan *bounded domains and directional data*. Sementara metode yang termasuk ke dalam estimasi kepadatan parametrik menurut Chen (2018) yaitu *parametric model* dan *mixture model*.



Gambar 2.1 Metode Estimasi Kepadatan

2.3. Metode *Average Nearest Neighbor* (ANN)

Average Nearest Neighbor (ANN) merupakan salah satu metode analisis pola spasial. Menurut Lee dan Wong (2001), pola spasial atau *spatial pattern* terbentuk dari lokasi objek geografis yang sesuai dengan karakteristiknya. Perubahan pola spasial yang terjadi dari waktu ke waktu menggambarkan proses spasial yang ditentukan oleh faktor lingkungan atau budaya. Pola spasial objek geografis merupakan hasil dari proses fisik atau budaya yang terjadi di permukaan bumi. Pola spasial merupakan konsep statistika karena pola-pola tersebut menunjukkan bagaimana objek geografis terdistribusi pada satu waktu tertentu. Proses spasial

adalah konsep dinamis karena proses ini menunjukkan bagaimana distribusi objek geografis berubah seiring waktu.

Pola spasial memberikan gambaran tentang bagaimana suatu fenomena geografis terdistribusi dan bagaimana perbandingannya dengan yang lainnya. Statistik spasial adalah alat yang dapat digunakan untuk menggambarkan dan menganalisis bagaimana objek-objek geografis atau peristiwa terjadi dan berubah di suatu lokasi. Selain itu, statistik spasial juga dapat menggambarkan pola spasial yang terbentuk oleh seperangkat objek geografis sehingga dapat dibandingkan dengan pola di lokasi lain. Terdapat tiga tipe pola spasial, yaitu berkelompok (*clustered*), tersebar (*dispersed*), dan acak (*random*).

Average Nearest Neighbor (ANN) digunakan untuk menentukan apakah serangkaian fitur menunjukkan tingkat pengelompokan atau dispersi yang signifikan secara statistik dengan mengukur jarak dari setiap fitur ke tetangga terdekatnya dan menghitung jarak rata-ratanya (David, 2010). Indeks tetangga terdekat dinyatakan sebagai rasio jarak rata-rata yang diamati dengan jarak rata-rata yang diharapkan (ESRI, 2015a), dapat dihitung dengan persamaan 2.1.

$$ANN = \frac{\bar{D}_O}{\bar{D}_E} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana

\bar{D}_O adalah jarak rata-rata yang diamati dari setiap fitur dan tetangga terdekatnya (persamaan 2.2)

\bar{D}_E adalah jarak yang diharapkan. Jarak yang diharapkan adalah jarak rata-rata antara tetangga dalam distribusi acak hipotesis (persamaan 2.3)

$$\bar{D}_O = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\bar{D}_E = \frac{0,5}{\sqrt{n/A}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Pada persamaan 2.2 dan 2.3, d_i adalah jarak antara fitur i dengan fitur tetangga terdekat, n adalah jumlah total fitur, dan A adalah luas kotak minimum yang melingkupi semua fitur atau nilai area yang ditentukan oleh pengguna.

Jika nilai indeks (rasio *Average Nearest Neighbor*) kurang dari 1, maka pola tersebut menunjukkan pengelompokan (*clustered*). Jika nilai indeks lebih besar dari 1, maka tren menuju penyebaran (ESRI, 2015a). *Average Nearest Neighbor* memberikan lima nilai keluaran, yaitu: jarak rata-rata yang diamati (*NNObserved*), jarak rata-rata yang diharapkan (*NNExpected*), indeks tetangga terdekat (*NNRatio*), *z-score*, dan *p-value*. *Z-score* dan *p-value* adalah ukuran signifikansi yang menentukan untuk menerima atau menolak hipotesis nol. Pada statistik *Average Nearest Neighbor*, hipotesis nol menyatakan bahwa fitur didistribusikan secara acak (ESRI, 2014a).

P-value atau nilai-p adalah probabilitas. Ketika nilai-p sangat kecil, maka sangat tidak mungkin bahwa pola spasial yang diamati adalah hasil dari proses acak, sehingga hipotesis nol dapat ditolak. Sedangkan *z-score* atau skor-z adalah standar deviasi. Skor-z yang sangat tinggi atau sangat rendah (negatif), terkait dengan nilai-p yang sangat kecil, ditemukan di ekor distribusi normal. Jika analisis pola menghasilkan nilai-p kecil dan skor-z yang sangat tinggi atau sangat rendah, maka pola spasial yang diamati tidak mungkin mencerminkan pola acak teoritis yang diwakili oleh hipotesis nol (ESRI, 2010a). *Z-score* dihitung sebagai:

$$z = \frac{\bar{D}_O - \bar{D}_E}{SE} \dots \dots \dots (2.4)$$

dimana

$$SE \approx \sqrt{\frac{(4-\pi)A}{4\pi N^2}} \approx \frac{0,26136}{\sqrt{n^2/A}} \dots \dots \dots (2.5)$$

SE adalah *standard error* atau kesalahan standar dari rata-rata jarak tetangga terdekat (persamaan 2.5).

n adalah jumlah total fitur.

A adalah luas kotak minimum yang meliputi semua fitur atau nilai area yang ditentukan oleh pengguna.

Metode *Average Nearest Neighbor* paling tepat untuk menghitung indeks tetangga terdekat untuk wilayah studi yang sama. Metode ini berfungsi paling baik untuk membandingkan data yang terjadi di area yang sama dari waktu ke waktu daripada data yang terjadi di area yang berbeda (David, 2010).

2.4. Metode *Kernel Density*

Kernel Density merupakan suatu fungsi matematika yang kemudian dikembangkan dalam fungsi spasial untuk mengukur persebaran intensitas suatu titik dalam bidang dengan radius tertentu (Kloog, dkk., 2009). *Kernel Density* memperkirakan kepadatan peristiwa di sekitar titik-titik, diskalakan berdasarkan jarak dari titik ke setiap peristiwa. Prinsip dasar *Kernel Density* adalah memperkirakan magnitude per unit area dari fitur titik atau *polyline* agar sesuai dengan permukaan yang meruncing ke setiap titik atau *polyline* (Silverman, 1986).

Kernel Density melibatkan penempatan permukaan simetris pada setiap titik dan mengevaluasi jarak dari titik ke lokasi referensi berdasarkan pada fungsi matematika, kemudian menjumlahkan nilai untuk semua permukaan untuk lokasi referensi. Prosedur tersebut diulang untuk poin yang berurutan. Oleh karena itu memungkinkan untuk menempatkan kernel pada setiap pengamatan, dan menjumlahkan kernel individu dapat memberi estimasi kepadatan untuk distribusi titik kecelakaan (Fotheringham, dkk., 2000).

Kepadatan dapat diukur dengan dua metode, yaitu sederhana dan kernel. Metode sederhana membagi seluruh area penelitian ke jumlah sel yang ditentukan sebelumnya dan menggambar lingkungan melingkar di sekitar setiap sel untuk menghitung nilai kepadatan sel individu, yang merupakan rasio jumlah fitur yang termasuk dalam area pencarian dengan ukuran area. Radius lingkungan melingkar mempengaruhi peta kerapatan yang dihasilkan. Jika radiusnya meningkat ada kemungkinan bahwa lingkungan melingkar akan mencakup lebih banyak fitur titik yang menghasilkan permukaan kepadatan yang lebih halus (Silverman, 1986). Metode kernel membagi seluruh area penelitian menjadi jumlah sel yang telah ditentukan. Metode ini menggambarkan lingkungan melingkar di sekitar setiap fitur titik (kecelakaan) dan kemudian persamaan matematika diterapkan yang berjalan dari 1 pada posisi titik fitur ke 0 di batas lingkungan (Bailey dan Gatrell, 1995).

Dua parameter yang mempengaruhi hasil *Kernel Density* adalah *bandwidth* atau radius pencarian dan ukuran sel. Kriteria yang paling penting untuk

menentukan permukaan kepadatan yang paling tepat adalah *bandwidth* (Silverman, 1986). Pengaturan *default* ditemukan berdasarkan fitur input (titik atau garis) untuk menghitung fitur kepadatan. Unit radius pencarian didasarkan pada unit linier dari proyeksi referensi spasial output. Misalnya, jika unit dalam meter, untuk memasukkan semua fitur dalam lingkungan 1 mil, atur radius pencarian sama dengan 1609,344 (1 mil = 1609,344 m). Radius pencarian default (*bandwidth*) dihitung secara khusus untuk dataset input menggunakan varian spasial dari Peraturan Silverman Thumb yang kuat untuk outlier spasial (yaitu, poin yang jauh dari sisa poin) (ESRI, 2014b).

Prinsip analisis KDE adalah mendistribusikan nilai suatu titik dalam sebaran kejadian menjadi kurva halus (*smooth*) di sekitar titik yang disimulasikan dengan jarak tertentu. Nilai tertinggi ada pada poin yang ditinjau. Nilai akan dikurangi dengan jarak yang lebih jauh dari titik yang ditinjau hingga mencapai nilai nol pada jarak yang ditentukan. Jika terjadi *overlay* kurva distribusi dari suatu kejadian dengan kejadian lain dalam kurva distribusi, nilai pada titik *overlay* tersebut adalah nilai kumulatif dari dua kurva atau lebih (Budiharto, dkk., 2012). *Kernel Density* untuk fitur titik (*point*) ditentukan menggunakan persamaan:

$$Density = \frac{1}{(radius)^2} \sum_{i=1}^n \left[\frac{3}{\pi} \cdot pop_i \left(1 - \left(\frac{dist_i}{radius} \right)^2 \right)^2 \right] \dots\dots\dots (2.6)$$

Untuk $dist_i < radius$, dimana:

$i = 1, \dots, n$ adalah titik input. Hanya sertakan titik dalam jumlah jika mereka berada dalam jarak jari-jari dari lokasi (x, y).

pop_i = nilai bidang populasi dari titik i, yang merupakan parameter opsional.

$dist_i$ = jarak antara titik I dan lokasi (x, y).

Kernel Density merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan untuk mengidentifikasi *hot spot* untuk kejahatan dan kecelakaan. Lu (2000) membandingkan *Kernel Density* dengan teknik analisis spasial lainnya dan menemukan bahwa *Kernel Density* lebih dapat diandalkan dan diinginkan untuk analisis *hot spot*. Lu berpendapat bahwa:

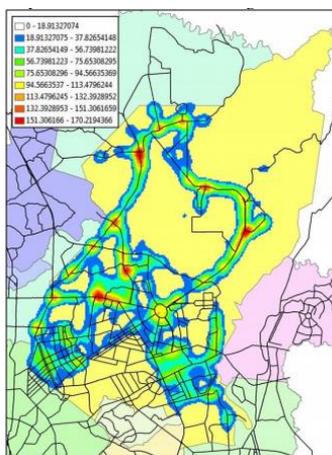
- a. *Kernel Density* menggunakan lebih banyak informasi tentang distribusi titik daripada hampir semua algoritma kluster jarak pandang. Pengguna dapat

secara visual memeriksa variabilitas kepadatan di seluruh permukaan dan mengidentifikasi *hot spot* tergantung pada sudut pandang pengamatannya.

- b. Kepadatan pada *Kernel Density* menunjukkan ukuran tingkatannya dan pengelompokan secara spasial.
- c. Teknik *Kernel Density* lebih bebas dan memberikan hasil analisis yang relatif stabil kepada pengguna.

Dalam penelitiannya, Thakali, dkk. (2015) menyebutkan bahwa metode *Kernel Density* merupakan metode sederhana dan mudah diterapkan. Sementara Masron, dkk. (2018), menggunakan metode *Kernel Density* karena kemampuannya dalam menghitung tingkat kepadatan lokasi kejadian kecelakaan. Terdapat banyak keuntungan dari metode *Kernel Density* sebagai kebalikan dari *hot spot* statistik dan teknik *clustering*. Keuntungan utama terletak dalam menentukan penyebaran resiko kecelakaan. Penyebaran resiko kecelakaan dapat didefinisikan sebagai area di sekitar kluster yang didefinisikan dimana ada kemungkinan peningkatan kecelakaan terjadi berdasarkan ketergantungan spasial. Selain itu, dengan menggunakan metode ini, unit analisis yang sewenang-wenang dapat didefinisikan dan homogen untuk seluruh area yang membuat perbandingan dan akhirnya taksonomi menjadi mungkin (Anderson, 2009).

Mark, dkk. (2013) melakukan analisis *black spot* sepeda motor di Metro Manila menggunakan *Kernel Density*. Hasil dari penelitian berupa peta *Kernel Density* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Sumber: Mark, dkk., 2013.

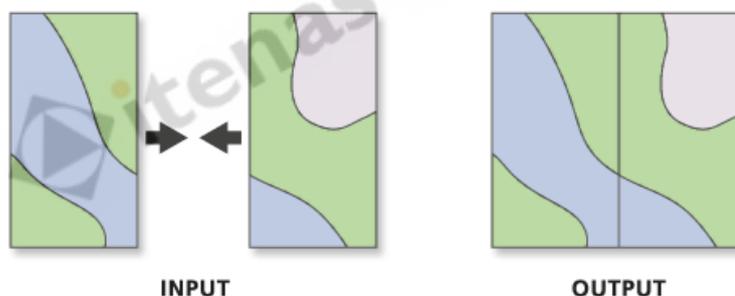
Gambar 2.2 Peta *Kernel Density* dari Kecelakaan Sepeda Motor dan Roda Tiga di Kota Quezon

2.5. Data Management Tools

Data management tools merupakan kumpulan *tools* yang beragam yang digunakan untuk mengembangkan, mengelola, dan memelihara kelas fitur, kumpulan data, layer, dan struktur data raster (ESRI, 2012). Dalam penelitian ini, *tools* yang digunakan adalah *select by attributes*, *merge*, dan *clip raster*.

Select by attributes merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk memilih fitur dalam layer dengan menggunakan *query* atribut. Metode ini memungkinkan untuk memberikan ekspresi *query SQL* yang digunakan untuk memilih fitur yang sesuai dengan kriteria pemilihan (ESRI, 2010b). Metode ini juga memungkinkan untuk menentukan jenis pilihan pada beberapa nilai menggunakan *query* seperti IN, LIKE, OR, dan NOT (ESRI, 2019).

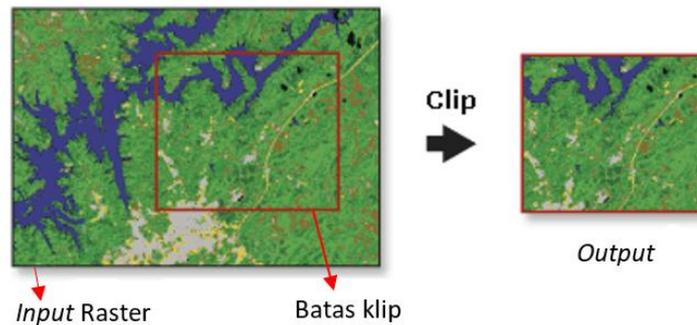
Merge adalah proses menggabungkan beberapa set data menjadi satu set data keluaran baru seperti pada Gambar 2.3. *Merge* dapat menggabungkan kelas fitur titik, garis atau *polygon* atau tabel. Penggabungan fitur hanya dapat dilakukan untuk jenis geometri yang sama (ESRI, 2015b).



Sumber: ESRI, 2015b

Gambar 2.3 Merge

Clip raster adalah proses untuk memotong sebagian dari data raster, data mosaic, atau layer gambar. *Clip* memungkinkan untuk mengekstrak sebagian dari dataset raster berdasarkan luasan templat seperti pada Gambar 2.4. Area yang terpotong ditentukan oleh sampel persegi panjang menggunakan koordinat x dan y minimum dan maksimum atau dengan menggunakan file batas klip. Batas klip dapat menggunakan layer raster atau vektor (ESRI, 2015c).

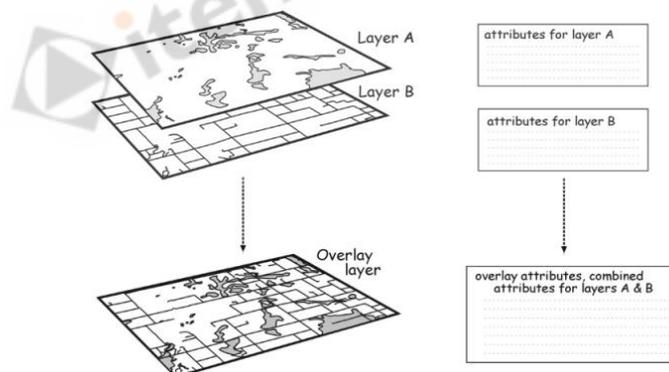


Sumber: ESRI, 2015c

Gambar 2.4 Clip Raster

2.6. Overlay

Overlay adalah proses menggabungkan data spasial dan atribut dari dua atau lebih lapisan data spasial. *Overlay* dapat dipandang sebagai susunan vertikal dan penggabungan data spasial. Fitur di setiap lapisan data diatur satu di atas yang lain, dan titik, garis, atau batas fitur area digabungkan menjadi satu lapisan data tunggal. Atribut data juga digabungkan, sehingga lapisan data baru menyertakan informasi yang terkandung di masing-masing *input* data layer (Bolstad, 2016), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Sumber: Bolstad, 2016

Gambar 2.5 Overlay Data Spasial

2.7. Perbandingan dengan Penelitian Sejenis

Topik penelitian ini juga pernah diangkat oleh beberapa peneliti sebelumnya. Peneliti diharuskan mempelajari penelitian-penelitian terdahulu yang dapat dijadikan sebagai acuan dalam melakukan penelitian ini. Adapun perbandingan penelitian ini dengan penelitian sejenis ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Sejenis

No	Nama Peneliti, Tahun, Wilayah, Judul	Tujuan	Metode	Data	Hasil dan Analisis
1	Rankavat & Tiwari (2013) Delhi, India <i>Pedestrian Accident Analysis in Delhi using GIS</i>	Untuk menyelidiki potensi pemanfaatan sistem informasi geografis (SIG) dalam mengidentifikasi lokasi rawan kecelakaan pejalan kaki.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Structured Query Language (SQL)</i> - <i>Hot spot Analysis (Getis-Ord Gi*)</i> - <i>Kernel Density</i> dengan radius pencarian 50 meter 	<ul style="list-style-type: none"> - Peta jalan - Data kecelakaan fatal pejalan kaki dalam 4 tahun (2006-2009) 	<p>SQL</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jalan lingkar dan jalan lingkar luar di Delhi memiliki jumlah kecelakaan yang lebih tinggi daripada jalan arteri lainnya. - Analisis kecelakaan pejalan kaki yang melibatkan bus, mobil, dan kategori tidak dikenal pada persimpangan dan midblock jalan arteri dilakukan dengan memilih radius penyangga 150 meter di persimpangan arteri dan 15 meter di persimpangan arteri-sub arteri. Ditemukan bahwa tabrakan dengan bus di tengah-tengah jalan arteri lebih tinggi daripada mobil. Tabrakan karena kategori tidak diketahui lebih tinggi di persimpangan jalan arteri. <p><i>Hot spot</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Sebagian besar pengelompokan kecelakaan berada di persimpangan jalan. Lokasi yang disorot mengalami pengelompokan kecelakaan dengan signifikansi statistik > 2,58 standar deviasi. Jenis jalan yang dipertimbangkan adalah jalan arteri, sub-arteri, dan kolektor. Jalan kecil tidak termasuk dalam analisis <i>hot spot</i>. <p><i>Kernel Density</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Kepadatan kecelakaan pejalan kaki lebih tinggi di Delhi Utara. - Berdasarkan <i>black spot</i> kecelakaan fatal pejalan kaki selama beberapa hari dalam seminggu dan waktu yang berbeda dalam sehari di lokasi <i>hot spot</i> yaitu dekat ISBT dan Ring road, ditemukan bahwa

No	Nama Peneliti, Tahun, Wilayah, Judul	Tujuan	Metode	Data	Hasil dan Analisis
					<p>presentasi kecelakaan fatal pejalan kaki hampir sama di semua hari dalam seminggu. Sedikit lebih rendah pada hari senin di dekat ISBT karena sebagian besar pasar ditutup, sehingga paparannya kurang dibandingkan dengan hari kerja lainnya.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perbandingan presentasi kecelakaan fatal pejalan kaki di kedua lokasi berdasarkan waktu dalam sehari, ditemukan bahwa presentase kematian yang tinggi terjadi pada malam hari antara jam 8 malam dan 10 malam di dekat ISBT.
2	<p>Blazquez & Celis (2013) Santiago, Chile <i>A spatial and temporal analysis of child pedestrian crashes in Santiago, Chile</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk mengidentifikasi area kritis dengan kemungkinan tinggi terjadinya kecelakaan pejalan kaki anak menggunakan estimasi kepadatan kernel (KDE) di lingkungan GIS. - Melakukan uji korelasi spasial menggunakan indeks Moran's I untuk menilai apakah pola kecelakaan pejalan kaki anak memiliki kecenderungan rata-rata mengelompok dalam ruang dan waktu dalam setiap area kritis yang teridentifikasi, dan apakah ketergantungan spasial pola-pola ini ada relatif terhadap atribut utama kecelakaan (misalnya, faktor penyebab kecelakaan, usia, jenis kelamin, waktu, dan rambu lalu lintas). 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Spatial Autocorrelation (Moran's I)</i> - <i>Kernel Density</i> dengan radius pencarian 1.000 meter 	<ul style="list-style-type: none"> - Data kecelakaan dalam 9 tahun (2000-2008) 	<p><i>Spatial Autocorrelation</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Hasil analisis menunjukkan bahwa atribut kecelakaan pejalan kaki anak terkait dengan jenis kelamin kelompok tertentu, hari kerja, dan bulan dalam setahun tidak signifikan secara statistik dalam area kritis yang teridentifikasi. - Koefisien Moran's I dihitung untuk anak-anak yang terlibat kecelakaan dengan rentang usia antara 5 dan 18. Koefisien ini menghasilkan nilai Moran I rata-rata 0,009 dan deviasi standar 0,047 dengan skor Z 1,131, menunjukkan bahwa tidak ada autokorelasi spasial antara variabel ini dan kecelakaan pejalan kaki anak-anak di area kritis. Oleh karena itu, tidak ada bukti penyebaran atau pengelompokan kecelakaan pejalan kaki terkait dengan usia anak-anak. - Dari segi waktu, terdapat pola spasial yang jelas dari kecelakaan pejalan kaki yang tercermin dari fakta bahwa uji autokorelasi spasial menghasilkan signifikan. Rata-rata nilai z-score standar untuk nilai koefisien tersebut adalah 2,6 ($p < 0,004$). Oleh

No	Nama Peneliti, Tahun, Wilayah, Judul	Tujuan	Metode	Data	Hasil dan Analisis
					<p>karena itu, ada ketergantungan yang kuat antara waktu dalam sehari dan pejalan kaki anak-anak yang mengalami kecelakaan selama periode studi.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hasil autokorelasi spasial untuk atribut tipe jalan menunjukkan autokorelasi positif dengan rata-rata nilai Moran's I sebesar 0,282 dan simpangan baku sebesar 0,062 ($Z = 2,762$ dan $p < 0,003$) pada ruas jalan lurus pada daerah kritis 4, 5 dan 6, sedangkan pada persimpangan menyajikan pola spasial acak di area ini. Area kritis ini terdiri dari ruas jalan yang panjang di antara penyeberangan dengan arus lalu lintas tinggi yang melaju dengan kecepatan tinggi. Oleh karena itu, pejalan kaki memiliki kecenderungan untuk menyeberang di lokasi manapun, yang membuat mereka memiliki resiko kecelakaan pejalan kaki yang lebih tinggi. <p><i>Kernel Density</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Terdapat 14 area kritis dengan resiko kecelakaan pejalan kaki anak yang tinggi. - Area kritis dengan risiko kecelakaan pejalan kaki anak yang tinggi di Kota Santiago, Chili berada di kabupaten dengan status sosial ekonomi penduduk menengah ke bawah.

No	Nama Peneliti, Tahun, Wilayah, Judul	Tujuan	Metode	Data	Hasil dan Analisis
3	<p>Masron, dkk. (2018) Penang, Malaysia</p> <p><i>Applying GIS in Analysing Black Spot Areas in Penang, Malaysia</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Menganalisis tingkat kecelakaan fatal yang melibatkan semua jenis kendaraan di Kabupaten Timur Laut Penang. - Menganalisis pola ruangan dan area <i>black spot</i> kecelakaan menggunakan aplikasi sistem informasi geografs (SIG). 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Average Nearest Neighbor</i> (ANN) - <i>Kernel Density</i> dengan radius pencarian 500 meter 	<p>Data spasial:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Data koordinat area kecelakaan dalam 3 tahun (2011-2013) - Peta negara - Peta kabupaten - Peta perbatasan stasiun polis - Peta batas sektor <p>Data atribut: Informasi detail kecelakaan, seperti: waktu, bulan, tahun, dan jenis kecelakaan yang terjadi.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pola spasial kecelakaan fatal selama tiga tahun penelitian terkelompok dan semua nilai indeks kurang dari 1. Hal tersebut membuktikan bahwa ada pola spasial kecelakaan fatal di Distrik North East dan ditemukan bahwa pola ini mengelompok di lokasi tertentu. Secara umum, hal tersebut disebabkan oleh tingkat kesulitan yang berbeda untuk setiap bagian jalan yang disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kemacetan lalu lintas, pentingnya jalan tertentu, geometri jalan, permukaan bumi, dll., yang memengaruhi perilaku pengemudi individu yang dapat berkontribusi pada penyebab kecelakaan fatal (Noor Azam Shairi, 2003; Chao, W. dkk., 2009). - Area <i>black spot</i> dalam durasi studi tiga tahun berada di area persimpangan jalan. Keluaran penelitian selaras dengan keluaran yang diperoleh Erdogan, dkk. (2009) yang menggunakan analisis yang sama dan telah membuktikan bahwa area persimpangan ruas jalan adalah tempat terjadinya kecelakaan. Area jalan tersebut adalah area sibuk karena merupakan cara utama untuk mencapai area populasi fokus: seperti pusat kota, pusat administrasi pemerintah negara, rumah sakit umum, pusat perbelanjaan. - Perbedaan lokasi area <i>black spot</i> menurut bulan menunjukkan bahwa lokasi <i>black spot</i> kecelakaan fatal ditafsirkan dengan melihat area atau segmen jalan yang memiliki kepadatan tinggi, dibandingkan dengan segmen jalan lainnya. Hal tersebut selaras dengan interpretasi <i>output</i> yang

No	Nama Peneliti, Tahun, Wilayah, Judul	Tujuan	Metode	Data	Hasil dan Analisis
					<p>dilakukan oleh Mark, dkk. (2013) dalam penelitiannya di Kota Quezon.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jumlah area <i>black spot</i> pada siang hari lebih tinggi dan sebagian besar terdapat di jalan utama di dalam wilayah studi. Hal ini disebabkan oleh hampir semua jalan utama menjadi area fokus bagi pengguna jalan untuk kegiatan sehari-hari, seperti pergi bekerja, mengunjungi tempat wisata, dan lainnya. - Area <i>black spot</i> pada malam hari berada di bagian tengah dari wilayah penelitian pada jalan tertentu yang terhubung ke kompleks perbelanjaan, tempat istirahat dan rekreasi, restoran, dan lain-lain. - Faktor utama kecelakaan fatal pada malam hari lebih tinggi karena tingkat arus lalu lintas pada daerah tersebut tinggi dibandingkan dengan faktor lainnya seperti permukaan bumi dan kondisi fisik jalan. - Kecelakaan fatal di malam hari lebih berkerumun di jalan utama yang memiliki permukaan rata, kondisi fisik jalan yang lebih baik seperti penerangan jalan yang baik, lebar jalan, dan rambu jalan keselamatan, dibandingkan dengan jalan yang tidak rata, kurang penerangan yang baik dan sempit.

No	Nama Peneliti, Tahun, Wilayah, Judul	Tujuan	Metode	Data	Hasil dan Analisis
4	<p>Budiharto, dkk. (2012) Surakarta, Jawa Tengah</p> <p><i>Traffic Accident Blackspot Identification and Ambulance Fastest Route Mobilization Process for The City of Surakarta</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk menentukan <i>black spot</i> kecelakaan lalulintas di kota Surakarta, rumah sakit rujukan, dan rute ambulans tercepat menggunakan program GIS. 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Cluster and Outlier Analysis Method (Anselin Local Moran I)</i> - <i>Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi*)</i> - <i>Kernel Density</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Data kecelakaan lalu lintas tahun 2011 - Data jaringan jalan - Data lokasi rumah sakit 	<ul style="list-style-type: none"> - Terdapat perbedaan dalam penentuan rumah sakit rujukan untuk korban kecelakaan lalu lintas antara kenyataan dan hasil analisis. Hal ini disebabkan karena analisis hanya memperhitungkan waktu tempuh agar korban segera sampai ke rumah sakit, sedangkan pada fakta faktor individu dan kualitas layanan rumah sakit juga menjadi pertimbangan. - Pertumbuhan ekonomi, penambahan penduduk, perkembangan teknologi, dan peningkatan jumlah kendaraan mempengaruhi sistem transportasi jalan raya. Perubahan karakteristik jaringan jalan raya juga akan mempengaruhi waktu tempuh. - Identifikasi <i>black spot</i> kecelakaan lalu lintas dan wilayah pelayanan rumah sakit rujukan untuk penentuan rute tercepat ambulans dalam proses mobilisasi korban kecelakaan lalu lintas. Rumah sakit rujukan di Kota Surakarta adalah RS Brayat Minulya, Dr. Moewardi, Dr. Oen, Kasih Ibu, Kustati, Panti Waluyo, dan RS PKU Muhammadiyah. - Terdapat 15 titik <i>black spot</i> dan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mengevakuasi korban kecelakaan lalu lintas selama 4,84 menit.

No	Nama Peneliti, Tahun, Wilayah, Judul	Tujuan	Metode	Data	Hasil dan Analisis
5	<p>Arumsari, dkk. (2016) Boyolali, Jawa Tengah</p> <p>Pemodelan Daerah Rawan Kecelakaan dengan Menggunakan Cluster Analysis (Studi Kasus: Kabupaten Boyolali)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Menampilkan data dan pengelompokkan informasi tentang daerah rawan kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Boyolali. - Analisis daerah rawan kecelakaan lalu lintas dari daerah yang aman sampai ke daerah yang rawan. - Mengetahui daerah rawan kecelakaan di Kabupaten Boyolali. 	<p><i>Kernel Density</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Peta Administrasi dari Peta Rencana Tata Ruang Wilayah. - Peta Jaringan Jalan dari Peta Rencana Tata Ruang Wilayah. - Data koordinat kejadian kecelakaan lalu lintas tahun 2014. - Data kecelakaan lalu lintas tahun 2014 dan 2015. 	<ul style="list-style-type: none"> - Berdasarkan kerapatan titik-titik kejadian, lokasi kecelakaan lalu lintas paling banyak berada di jalan arteri dan kolektor. - Pemodelan berdasarkan waktu kejadian menunjukkan bahwa kecelakaan paling banyak terjadi pada pukul 06.01-12.00. hal ini disebabkan karena arus lalu lintas yang padat, semua jenis kendaraan berada di jalanan. Pusat-pusat aktivitas masyarakat seperti daerah perkantoran, sekolah, dan pasar ramai saat jam tersebut. - Jenis kecelakaan yang paling banyak terjadi adalah jenis kecelakaan ringan. Pemodelan berdasarkan jenis kecelakaan menunjukkan bahwa kategori sangat rawan terjadi kecelakaan lalu lintas berada di Pertigaan Bangak Banyudono. Pelanggaran lalu lintas kerap terjadi di daerah pertigaan jalan, terutama di pertigaan Bangak, kondisi jalan yang lebar dan fisik jalan yang sudah bagus kerap kali membuat pra pengguna jalan untuk mempercepat laju kendaraannya tanpa memperhatikan batas kecepatan. - Kecelakaan paling banyak terjadi pada kendaraan roda dua. Pemodelan berdasarkan jenis kendaraan yang terlibat menunjukkan bahwa daerah sangat rawan terjadi kecelakaan berada di daerah Kebon Jeruk Ampel, pusat Kota Boyolali, pertigaan Mojolegi Teras, dan pertigaan Bangak Banyudono. - Pemodelan kecelakaan lalu lintas secara keseluruhan dilakukan dengan mengoverlaykan ketiga klasifikasi, yaitu berdasarkan waktu kejadian, jenis kecelakaan, dan jenis kendaraan

No	Nama Peneliti, Tahun, Wilayah, Judul	Tujuan	Metode	Data	Hasil dan Analisis
					<p>yang terlibat. Pemodelan daerah rawan kecelakaan di Kabupaten Boyolali dibagi menjadi tiga kelas, yaitu cukup aman, rawan, dan sangat rawan. Daerah kategori sangat rawan berada di daerah Jalan Solo – Semarang tepatnya di tanjakan Ledok Kebon Jeruk Desa Candi Ampel, depan Pasar Sunggingan Boyolali, pusat Kota Kabupaten Boyolali pada Jalan Pandanaran, dan Pertigaan Bangak Banyudono.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Berdasarkan hasil validasi diperoleh tingkat kesesuaian model yang dibentuk sebesar 67,44%.
6	<p>Maesaroh (2019) Pati, Jawa Tengah</p> <p>Analisis Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas Tahun 2017 dengan Cluster Analysis (Studi Kasus: Kabupaten Pati)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Menganalisis daerah rawan kecelakaan lalu lintas dengan metode Cluster Analisis. - Membuat peta daerah rawan kecelakaan lalu lintas dengan metode Cluster Analisis. 	<i>Kernel Density</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Data kecelakaan lalu lintas tahun 2017 s.d. Bulan September 2018. - Peta administrasi. - Peta jaringan jalan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Data kecelakaan lalu lintas tahun 2017 menunjukkan bahwa kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Pati paling banyak terjadi di jalan nasional dan jalan provinsi. Dari total 980 kejadian kecelakaan, Kecamatan Pati menempati urutan pertama dengan jumlah kecelakaan lalu lintas sebanyak 183 kejadian. - Kecelakaan lalu lintas paling banyak terjadi pada pukul 12.01 - 18.00. Sebanyak 322 kejadian kecelakaan terjadi pada pukul 12.01 - 18.00. Arus lalu lintas padat, semua jenis kendaraan berada di jalanan, aktivitas pulang kerja dan sekolah. - Kecelakaan dengan korban luka ringan paling banyak terjadi pada tahun 2017. Berdasarkan tingkat fatalitas korban, daerah sangat rawan kecelakaan lalu lintas berada di Jalan Raya Patu – Tayu dan di Jalan Raya Pati Juwana. - Kecelakaan lalu lintas paling banyak terjadi pada pengguna kendaraan roda dua. Hal ini disebabkan karena kendaraan yang paling banyak digunakan

No	Nama Peneliti, Tahun, Wilayah, Judul	Tujuan	Metode	Data	Hasil dan Analisis
					<p>adalah kendaraan roda dua. Berdasarkan jenis kendaraan yang terlibat, daerah sangat rawan kecelakaan lalu lintas berada di pertigaan Jalan Raya Tuban – Semarang menuju Jalan Pati – Gembong, pertigaan Jalan Raya Pati – Kudus menuju Jalan Ronggo Warsito, Jalan Raya Pati – Juwana ke Kecamatan Pati, dan Jalan Raya Pati – Tayu di Kecamatan Trangkil.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Peta daerah rawan kecelakaan didapatkan dari overlay peta daerah rawan kecelakaan berdasarkan waktu kejadian, tingkat fatalitas korban, dan jenis kendaraan yang terlibat. Daerah rawan kecelakaan dibagi menjadi tiga kelas, yaitu cukup aman, rawan, dan sangat rawan. Kategori daerah sangat rawan berada di Jalan Raya Pati – Juwana di Kecamatan Pati, Jalan Raya Tuban – Semarang di Kecamatan Pati, Jalan Raya Pati Kudus di Kecamatan Pati, dan Jalan Raya Pati – Tayu di Kecamatan Trangkil. - Berdasarkan hasil validasi diperoleh tingkat kesesuaian peta sebesar 67,06%.