

Analisis Kecelakaan Lalu Lintas Studi Kasus Ruas Jalan Tol Ngawi-Kertosono

Mohammad Athala Haekal dan Anak Agung Gde Kartika
Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: kartika@ce.its.ac.id

Abstrak—Indonesia sebagai negara dengan penduduk lebih dari 250 juta jiwa menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara terpadat penduduk di dunia. Dalam kehidupannya, manusia tidak akan terlepas dari alat transportasi. Alat transportasi merupakan sebuah sarana yang strategis dan penting dalam kegiatan masyarakat. Jalan tol Trans-Jawa merupakan sebuah jalan tol yang menghubungkan kota-kota di Pulau Jawa. Dari data yang diperoleh dari buku laporan tahunan BPJT tahun 2020, jumlah kecelakaan yang terjadi pada ruas jalan tol Ngawi-Kertosono masih tergolong tinggi. Maka dilakukan analisis faktor penyebab kecelakaan lalu lintas pada ruas jalan tol Ngawi-Kertosono, menghitung angka kecelakaan (accident rate), mengetahui black site pada ruas jalan tol Ngawi-Kertosono dengan menggunakan metode *Z-score*, mengetahui titik *black spot* pada ruas jalan tol yang telah diklasifikasikan menggunakan metode *Cummulative Summary* dan AEK, serta mengetahui solusi yang tepat untuk dilakukan. Hasil analisis menunjukkan bahwa accident rate tertinggi yang terjadi sepanjang ruas jalan tol Ngawi-Kertosono berdasarkan klasifikasi kecelakaan berat sebesar 0,233 kejadian/100 JPKP, klasifikasi kecelakaan sedang sebesar 0,916 kejadian/100 JPKP, dan klasifikasi kecelakaan ringan sebesar 3,506 kejadian/100 JPKP. Melalui analisis blacksite ditemukan pada 1 ruas jalan tol. Sedangkan untuk analisis black spot yang telah dilakukan, ditemukan 11 titik rawan kecelakaan.

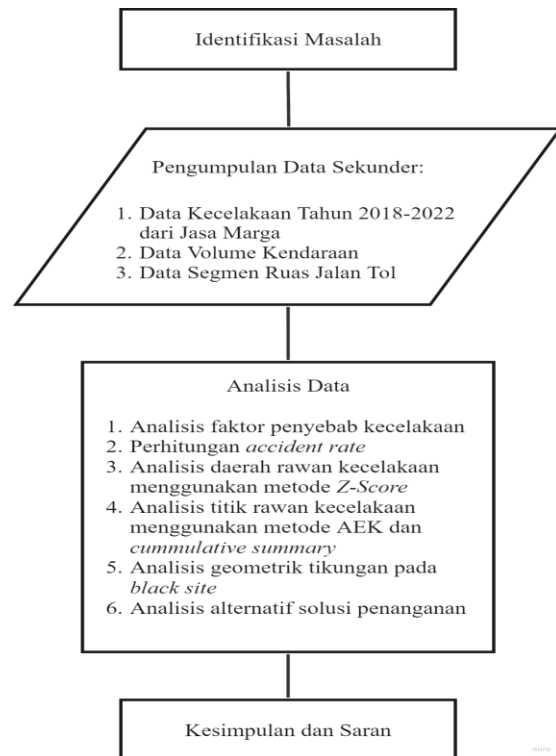
Kata Kunci—*Black Spot, Black Site, Accident Rate, Z-Score, Tol Ngawi-Kertosono.*

I. PENDAHULUAN

INDONESIA sebagai suatu negara yang memiliki penduduk lebih dari 250 juta jiwa, menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara terpadat penduduk di dunia. Kepadatan penduduk ini, tentunya juga akan meningkatkan lalu lintas yang terjadi. Lalu lintas membuat akses yang mudah untuk masyarakat dapat melakukan kegiatan demi memenuhi kebutuhannya.

Dalam kehidupannya, masyarakat tidak akan terlepas dari alat transportasi. Alat transportasi merupakan sebuah sarana yang strategis dan penting dalam kegiatan masyarakat. Pentingnya transportasi tersebut tercermin pada semakin meningkatnya kebutuhan akan jasa angkutan bagi mobilitas orang serta barang dari dan ke seluruh pelosok tanah air, bahkan dari dan ke luar negeri.

Jalan raya bebas hambatan atau biasa disebut jalan tol adalah suatu jalan yang dikhususkan untuk kendaraan bersumbu dua atau lebih (mobil, truk, bus) serta memiliki jalur khusus kendaraan bermotor roda dua yang terpisah [1] dan bertujuan untuk mempersingkat jarak dan waktu tempuh dari satu tempat ke tempat lain. Jalan tol juga memiliki arti sebagai jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol [2]. Tujuan dari dibangunnya jalan tol adalah untuk menciptakan efisiensi mobilitas dan konektivitas yang lebih baik lagi.

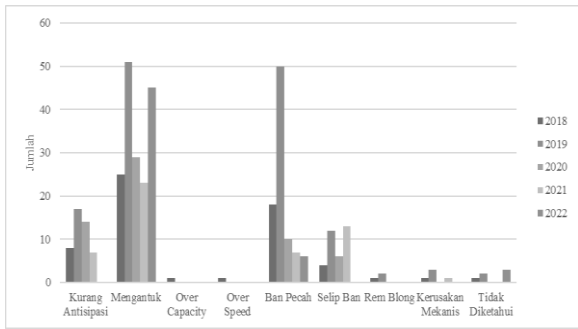


Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian.

Jalan tol Trans-Jawa merupakan sebuah jaringan jalan tol yang menghubungkan kota – kota di Pulau Jawa, Indonesia. Jalan tol Trans-Jawa dibangun sebagai upaya dari pemerintah untuk mengintegrasikan ekonomi antar kawasan sebagaimana yang dikatakan pada Kompas.com oleh Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Basuki Hadimuljono pada Maret 2022.

Ruas jalan tol Ngawi-Kertosono juga merupakan bagian dari proyek jalan tol Trans-Jawa. Ruas ini diresmikan pada Maret 2018 dengan daerah operasi sampai pada exit tol sementara di Wilangan sampai akhirnya beroperasi penuh pada Desember 2018. Jalan sepanjang 87,02 km ini membentang dari KM 583+0 -KM 671+0 dimulai dari wilayah Ngawi sampai GT Kertosono. Ruas jalan tol ini dikelola oleh PT Jasa Marga Ngawi-Kertosono-Kediri (JNK).

Jumlah kecelakaan yang terjadi pada ruas jalan tol masih cukup tinggi. Kecelakaan lalu lintas adalah suatu peristiwa di jalan yang tidak diduga dan tidak disengaja melibatkan kendaraan dengan atau tanpa pengguna jalan lain yang mengakibatkan korban manusia dan/atau kerugian harta benda [3]. Kecelakaan lalu lintas bisa terjadi karena diakibatkan oleh 3 faktor, yaitu: pengemudi, kendaraan, dan jalan raya. Berdasarkan data kecelakaan dari laporan tahunan Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT) 2020 menunjukkan bahwa jumlah kecelakaan yang terjadi pada ruas jalan tol masih relatif tinggi sebesar 2.528 sepanjang tahun 2020. Data ini



Gambar 2 Grafik Faktor Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas.

Tabel 1.

Nilai Accident Rate Sepanjang Ruas Jalan Tol Ngawi-Kertosono Klasifikasi Kecelakaan Ringan

| No | Panjang Jalan (km) | Tahun | Kecelakaan Ringan | LHRT (kend/tahun) | Angka Kecelakaan (100PJKP) |
|----|--------------------|-------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| 1 | 87,61 | 2018 | 11 | 36.135.365 | 0,3475 |
| 2 | | 2019 | 49 | 94.065.245 | 0,5946 |
| 3 | | 2020 | 21 | 73.638.020 | 0,3255 |
| 4 | | 2021 | 19 | 88.065.375 | 0,2463 |
| 5 | | 2022 | 7 | 93.190.799 | 0,0857 |

Tabel 2.

Nilai Accident Rate Sepanjang Ruas Jalan Tol Ngawi-Kertosono Klasifikasi Kecelakaan Sedang

| No | Panjang Jalan (km) | Tahun | Kecelakaan Sedang | LHRT (kend/tahun) | Angka Kecelakaan (100PJKP) |
|----|--------------------|-------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| 1 | 87,61 | 2018 | 110 | 36.135.365 | 3,4746 |
| 2 | | 2019 | 193 | 94.065.245 | 2,3419 |
| 3 | | 2020 | 57 | 73.638.020 | 0,8835 |
| 4 | | 2021 | 41 | 88.065.375 | 0,5314 |
| 5 | | 2022 | 73 | 93.190.799 | 0,8941 |

juga menunjukkan bahwa kecelakaan pada jalan tol didominasi oleh faktor manusia.

A. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor penyebab kejadian kecelakaan, nilai accident rate, daerah rawan kecelakaan, titik rawan kecelakaan, serta alternatif solusi untuk mengurangi jumlah kejadian kecelakaan yang terjadi pada ruas jalan tol Ngawi-Kertosono.

B. Tahap – Tahap Penelitian

Tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka atau sumber referensi merupakan kegiatan studi literatur terkait segala sumber yang dapat menunjang penulisan penelitian ini

B. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan dalam pengerjaan penelitian ini merupakan data sekunder yang didapatkan dari instansi terkait. Data tersebut meliputi data kecelakaan lalu lintas tahun 2018-2022, data volume kendaraan, dan data geometrik ruas jalan.

C. Konsep Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk dapat menemukan faktor dominan penyebab kecelakaan, menentukan daerah rawan kecelakaan dan titik rawan kecelakaan, nilai accident rate, serta solusi dalam

Tabel 3.

Nilai Accident Rate Sepanjang Ruas Jalan Tol Ngawi-Kertosono Klasifikasi Kecelakaan Berat

| No | Panjang Jalan (km) | Tahun | Kecelakaan Sedang | LHRT (kend/tahun) | Angka Kecelakaan (100PJKP) |
|----|--------------------|-------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| 1 | 87,61 | 2018 | 34 | 36.135.365 | 1,0740 |
| 2 | | 2019 | 89 | 94.065.245 | 1,0800 |
| 3 | | 2020 | 61 | 73.638.020 | 0,9455 |
| 4 | | 2021 | 38 | 88.065.375 | 0,4925 |
| 5 | | 2022 | 46 | 93.190.799 | 0,5634 |

*Note: PJKP adalah Per Juta Kilometer Kendaraan Perjalanan

Tabel 4.

Hasil Perhitungan Black spot Dengan Metode Cusum di Ruas Caruban-Nganjuk pada Tahun 2018-2022

| KM | Tahun | Jumlah Kecelakaan | W | So | Si |
|-----|-------|-------------------|------|-------|-------|
| 629 | 2018 | 0 | 1,00 | -1,00 | -1,00 |
| | 2019 | 0 | 1,00 | -1,00 | -2,00 |
| | 2020 | 2 | 1,00 | 1,00 | -1,00 |
| | 2021 | 1 | 1,00 | 0,00 | -1,00 |
| | 2022 | 3 | 1,00 | 2,00 | 1,00 |

Tabel 5.

Titik Rawan Kecelakaan Berdasarkan Metode AEK di KM 620-625 Sepanjang Tahun 2018-2022

| KM | AEK | UCL | KET |
|-----|-----|----------|-----------|
| 620 | 31 | 51,57412 | - |
| 621 | 81 | 50,33095 | BLACKSPOT |
| 622 | 39 | 51,22061 | - |
| 623 | 58 | 50,69749 | BLACKSPOT |
| 624 | 3 | 58,79318 | - |
| 625 | 27 | 51,80725 | - |

penanganan yang tepat berdasarkan analisis yang telah dilakukan.

D. Accident Rate

Accident rate menyatakan angka kecelakaan kendaraan yang terjadi per seratus juta kendaraan per tahun pada satu ruas jalan.

$$Accident\ Rate = \frac{Jumlah\ korban\ kecelakaan \times 10^6}{Panjang\ jalan\ (km) \times LHR} \tag{1}$$

E. Teknik Analisis Data Kecelakaan

Kesimpulan pada statistik deskripsi hanya akan ditunjukkan pada kumpulan yang ada. Berdasarkan ruang lingkup, biasanya statistik deskripsi meliputi:

1) Distribusi Frekuensi

Distribusi Frekuensi merupakan data acak dari suatu penelitian yang disusun berdasarkan interval atau kategori tertentu dalam sebuah daftar. Distribusi frekuensi terdiri dari grafik distribusi, ukuran nilai pusat, serta ukuran disperse [4].

a. Ukuran Nilai Pusat

Ukuran nilai pusat meliputi rata-rata, median, modus, kuartil dan lain sebagainya. Dalam perhitungan pertumbuhan indeks kecelakaan akan mencari nilai rata-rata dalam rumus umum:

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n} \tag{2}$$

Dimana:

\bar{X} = Nilai Rata-Rata

Xi = jumlah data

n = jumlah sampel

b. Standard Deviasi

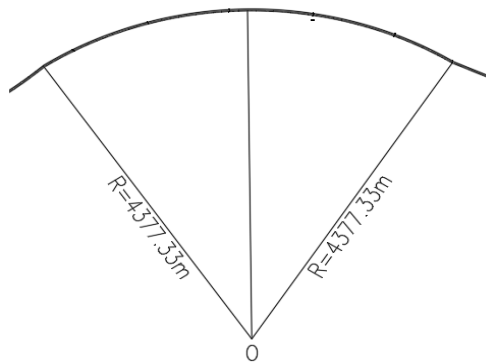
Standar deviasi adalah ukuran yang menyatakan seberapa jauh simpangan nilai-nilai data dan nilai-nilai pusatnya. Standar deviasi adalah akar dari tengah kuadrat simpangan dari nilai tengah. Simpangan baku (standar deviasi) untuk

Tabel 6.
Tabel Perhitungan black site dengan Metode Z-Score

| Ruas | N | Xi | X' | Xi-X' | (Xi-X') ² | S | Z |
|---------------------|------|--------|-------|---------|----------------------|-------|-------|
| Ngawi – Madiun | 2522 | 630,5 | 924,3 | -293,8 | 86325,8 | 739,3 | -0,40 |
| Madiun – Caruban | 1610 | 402,5 | 924,3 | -521,8 | 272288,3 | 739,3 | -0,71 |
| Caruban – Nganjuk | 8083 | 2020,7 | 924,3 | 1096,4 | 1202175,2 | 739,3 | 1,48 |
| Nganjuk – Kertosono | 2574 | 643,5 | 924,3 | -280,81 | 78855,7 | 739,3 | -0,38 |

Tabel 7.
Hasil Analisis Jari-Jari Tikungan

| No | Tikungan | Jari-Jari (m) |
|----|------------|---------------|
| 1 | KM 625-632 | 5435,35 |
| 2 | KM 633-636 | 4377,33 |
| 3 | KM 643-645 | 4196,23 |



Gambar 3. Jari-Jari Tikungan KM 633-636.

seperangkat data $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ (data tunggal) dapat ditentukan dengan metode biasa.

Ukuran Sampel Besar ($n > 30$)

$$S = \sqrt{\frac{\sum(\bar{X} - \bar{X}')}{n}} \tag{3}$$

Ukuran Sampel Kecil ($n < 30$)

$$S = \sqrt{\frac{\sum(\bar{X} - \bar{X}')}{n-1}} \tag{4}$$

Dimana:

- S = standar deviasi
- \bar{X} = rata-rata angka kecelakaan per tahun
- \bar{X}' = rata-rata angka kecelakaan
- n = banyaknya data

F. Z-Score

Z-Score merupakan sebuah bilangan “z” (bilangan standar/baku). Bilangan “z” dicari dari sampel yang berukuran n, dengan data-data $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ dengan rata-rata X pada simpangan baku “S”, sehingga dapat dibentuk data baru yaitu $z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$ dengan rata-rata 0 simpangan baku 1. Dengan kata lain, nilai z dapat dikatakan seberapa standar deviasi jauh jarak nilai suatu nilai data dengan nilai meannya.

$$Z = \frac{Xi - \bar{X}}{s} \tag{5}$$

Dimana:

- Z = dilai Z-score kecelakaan pada lokasi 1
- S = standar deviasi
- Xi = jumlah data pada lokasi “i”
- \bar{X} = nilai rata-rata
- i = 1,2,3,4, ..., n

G. Cummulative Summary

Cummulative Summary (*Cusum*) merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi area *black spot* dari *black site* yang telah diklasifikasikan sebelumnya. Grafik *Cusum* merupakan suatu prosedur statistik standar sebagai kontrol kualitas untuk mendeteksi perubahan dari nilai mean. Nilai *cusum* dapat dicari dengan [5]:

1) Mencari Nilai Mean

$$W = \frac{\sum Xi}{L \times T} \tag{6}$$

Dimana:

- W = nilai mean
- $\sum Xi$ = jumlah Kecelakaan
- L = jumlah station
- T = waktu/periode.

2) Mencari Nilai Cusum Tahun Pertama (S_0)

$$S_0 = (Xi - W) \tag{7}$$

Dimana:

- S_0 = nilai *cusum* kecelakaan tahun pertama
- Xi = jumlah kecelakaan tiap tahun
- W = nilai mean

3) Mencari Nilai Cusum Tahun Selanjutnya (S_i)

$$S_i = [S_0 + (Xi - W)] \tag{8}$$

Dimana:

- S_i = nilai *cusum* kecelakaan
- S_0 = nilai *cusum* kecelakaan tahun pertama
- Xi = jumlah kecelakaan
- W = nilai mean.

H. Angka Ekuivalensi Kecelakaan (AEK)

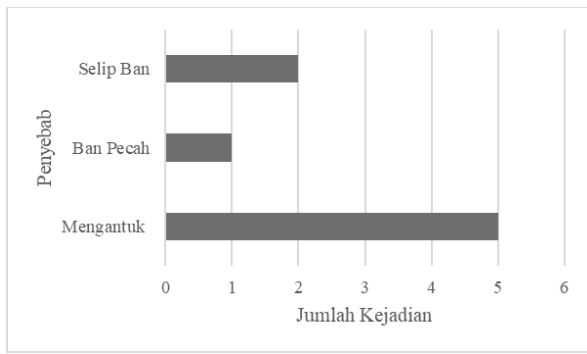
Angka Ekuivalen Kecelakaan (AEK) atau *Equivalent Accident Number* (EAN) merupakan salah satu metode perhitungan untuk mengetahui titik kecelakaan dengan menggunakan pembobotan angka ekuivalen kecelakaan yang mengacu pada daerah rawan kecelakaan. Dimana lokasi rawan kecelakaan akan dapat ditentukan melalui pembobotan terhadap korban kecelakaan yang terjadi. Dari pembobotan ini akan didapatkan peringkat kecelakaan.

1) Mencari Nilai AEK

$$AEK = 12MD + 3LB + 3LR + 1K \tag{9}$$

Dimana:

- MD = meninggal dunia
- LB = luka berat
- LR = luka ringan
- K = *partical damage only* (PDO)



Gambar 4. Grafik Penyebab Kejadian Kecelakaan pada Titik *Black spot* KM 618.

Tabel 8.
Alternatif Titik Pemasangan Rambu Batas Kecepatan

| KM | Penyebab Kecelakaan | Jumlah Kejadian |
|-----|---------------------|-----------------|
| 618 | Selip Ban | 2 |
| 633 | Ban Pecah | 2 |
| 634 | Selip Ban | 2 |
| 635 | Selip Ban | 2 |
| 636 | Kurang Antisipasi | 2 |
| 638 | Kurang Antisipasi | 2 |
| 643 | Selip Ban | 2 |
| | Ban Pecah | 3 |

Tabel 9.
Alternatif Titik Pemasangan Rambu Peringatan *Overload*

| No | Titik Pemasangan |
|----|------------------|
| 1 | GT Ngawi |
| 2 | GT Madiun |
| 3 | GT Caruban |
| 4 | GT Nganjuk |
| 5 | GT Kertosono |

2) Mencari Nilai UCL

$$UCL = \lambda + 2,576 \sqrt{\left[\frac{\lambda}{m}\right] + \left[\frac{0,829}{m}\right] + \left[\frac{1}{2m}\right]} \quad (10)$$

Dimana:

- UCL = garis kendali batas atas
- Λ = rata-rata tingkat kecelakaan AEK
- m = angka kecelakaan ruas yang ditinjau

I. R_{min} Tikungan Jalan

$$R_{min} = \frac{v_D^2}{127(f_{max} + e_{max})} \quad (11)$$

Dimana:

- V_D = kecepatan desain (km/jam)
- f_{max} = faktor kekesatan melintang (%)
- e_{max} = superelevasi maksimum (%)

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Faktor Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas

Penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas pada penelitian ini dikelompokkan dalam 2 (dua) klasifikasi penyebab yaitu yang diakibatkan oleh manusia dan kendaraan. Klasifikasi penyebab kejadian kecelakaan yang diakibatkan manusia adalah mengantuk, kurang antisipasi, *overspeed*, dan *overcapacity*. Sedangkan untuk penyebab kejadian kecelakaan yang diakibatkan oleh kendaraan yaitu ban pecah, slip ban, rem blong, dan kerusakan mekanis. Grafik faktor penyebab kecelakaan lalu lintas dapat dilihat pada Gambar 2.

Pada faktor yang diakibatkan oleh manusia didominasi oleh dua penyebab yaitu: (1) Mengantuk, penyebab

Tabel 10.
Alternatif Titik Pemasangan Pita Penggaduh (*Rumble Strip*)

| KM | Penyebab Kecelakaan | Jumlah Kejadian |
|-----|---------------------|-----------------|
| 618 | Mengantuk | 5 |
| 630 | Mengantuk | 5 |
| 633 | Mengantuk | 6 |
| 636 | Mengantuk | 6 |
| 645 | Mengantuk | 6 |

Tabel 11.
Alternatif Titik Pemasangan Rambu Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas

| No | Ruas | KM | Nilai Z-Score |
|----|-----------------|---------------|---------------|
| 1 | Caruban-Nganjuk | 612 A dan 647 | 1,48 |

B

Tabel 12.
Alternatif Pemasangan Lampu Strobo

| KM | Penyebab | Jumlah |
|-----|-----------|--------|
| 635 | Mengantuk | 3 |
| 639 | Mengantuk | 5 |
| 643 | Mengantuk | 3 |

mengantuk diduga akibat kondisi geometrik atau fasilitas yang kurang meningkatkan kewaspadaan pengemudi juga kondisi fisik pengemudi yang kurang fit; (2) Kurang Antisipasi, penyebab kurang antisipasi diduga akibat tidak menjaga jarak aman mengemudi, *overspeed*, kondisi kendaraan yang kurang layak, dan kondisi tubuh pengemudi yang tidak prima.

Sedangkan untuk faktor kendaraan, didominasi oleh 2 penyebab yaitu: (1) Ban pecah, diduga akibat *overspeed* untuk kendaraan penumpang (jeep/sedan/minibus/bus). Sedangkan untuk angkutan barang (pick up/truk) diduga akibat *overload*; (2) Selip ban, diduga akibat kendaraan yang dipacu terlalu tinggi saat kondisi hujan, serta kondisi dan tekanan udara dalam ban yang tidak layak dan sesuai.

B. Analisis Accident Rate

Accident rate yang terjadi sepanjang ruas jalan tol Ngawi-Kertosono dapat dilihat pada Tabel 1-Tabel 3.

C. Analisis Daerah Rawan Kecelakaan (*Blacksite*)

Dalam menentukan lokasi *blacksite*, pada penelitian ini menggunakan metode *Z-Score* untuk membakukan angka kecelakaan pada tiap ruas jalan agar dapat saling dibandingkan. Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

D. Analisis Titik Rawan Kecelakaan (*Blackspot*)

Blackspot atau titik rawan kecelakaan merupakan titik pada ruas jalan yang rawan terjadi kecelakaan lalu lintas. Metode yang digunakan dalam menentukan titik rawan kecelakaan menggunakan metode *cummulative summary* dan angka ekivalensi kecelakaan. Hasil tersebut dapat dilihat pada 5 dan Tabel 6.

E. Analisis Geometrik Tikungan

Pada hasil analisis daerah rawan kecelakaan (*black site*) yang telah dilakukan, didapatkan bahwa beberapa kejadian kecelakaan terjadi pada tikungan. Hal ini dapat menjadi dugaan bahwa permasalahan yang terjadi mungkin pada geometrik tikungan. Untuk mengetahui kebenaran dari dugaan tersebut maka perlu adanya analisis terkait geometrik tikungan pada daerah *black site* atau pada ruas Caruban-Nganjuk. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 7. Dalam analisis ini dianggap bahwa keseluruhan tikungan

merupakan *full circle* (FS) dikarenakan tidak didapatkannya data geometrik jalan, sehingga analisis hanya dilakukan berdasarkan *plotting* pada *google earth*. Contoh perhitungan jari-jari tikungan dapat dilihat pada Gambar 3.

F. Alternatif Solusi Mengurangi Jumlah Kecelakaan

Dalam kejadian kecelakaan lalu lintas yang terjadi, didapatkan beberapa penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas meliputi seperti pecah ban, mengantuk, kurang antisipasi, selip ban, dll. Untuk dapat menekan terjadinya kecelakaan lalu lintas akibat penyebab yang terjadi di sepanjang ruas jalan tol Ngawi-Kertosono, berikut beberapa alternatif solusi yang dapat digunakan. Untuk alternatif solusi yang diberikan berdasarkan dari perhtiuangan daerah rawan kecelakan (*blacksite*) menggunakan metode *Z-Score* dan titik rawan kecelakaan (*blackspot*) menggunakan metode *cusum*. Grafik penyebab kejadian kecelakaan pada titik black spot KM 618 dapat dilihat pada Gambar 4.

1) Penambahan Rambu Batas Kecepatan

Dalam beberapa kondisi, pengemudi tidak mengetahui batas kecepatan untuk mengemudi pada ruas jalan tol. Hal ini yang kemudian dapat memicu terjadinya kecelakaan lalu lintas. Kecelakaan lalu lintas dapat terjadi karena pecah ban akibat memacu kendaraan terlalu kencang pada ruas jalan tol. Oleh karena itu, perlu perhatian khusus pada beberapa titik dalam ruas jalan tol Ngawi-Kertosono untuk dipasang rambu lalu lintas seperti batas kecepatan demi menekan terjadinya kecelakaan lalu lintas yang diakibatkan oleh faktor seperti pecah ban. Alternatif titik pemasangan dapat dilihat pada Tabel 8.

2) Penambahan Rambu Peringatan Overload

Seperti yang sudah dianalisis sebelumnya pada faktor penyebab kecelakaan, salah satu sumber terjadinya kecelakaan lalu lintas diduga diakibatkan oleh kendaraan angkutan barang yang *overload*. Pecah ban pada angkutan barang dapat diindikasikan bahwa muatan yang diangkut melampaui batas izin. Untuk meningkatkan kesadaran pengemudi angkutan barang terkait muatan pada saat berkendara di jalan tol, dapat ditambahkan fasilitas rambu peringatan *overload* pada setiap gerbang tol. Alternatif titik pemasangan rambu dapat dilihat pada Tabel 9.

3) Penambahan Pita Penggaduh (*Rumble Strip*)

Penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas pada ruas jalan tol Ngawi-Kertosono didominasi oleh pengemudi yang mengantuk. Hal ini dapat diakibatkan oleh kelelahan yang dialami pengemudi. Untuk meningkatkan tingkat kewaspadaan pengemudi dalam berkendara, dapat ditambahkan fasilitas jalan seperti pita penggaduh. Pita penggaduh dapat meningkatkan tingkat kewaspadaan pengemudi saat berkendara dan menekan terjadinya kecelakaan lalu lintas. Alternatif titik pemasangan pita penggaduh dapat dilihat pada Tabel 10.

4) Penambahan Rambu Daerah Rawan Kecelakaan

Untuk dapat menambah tingkat kewaspadaan pengemudi, dapat ditambahkan rambu daerah rawan kecelakaan lalu lintas pada titik tertentu. Rambu ini dapat menginformasikan agar pengemudi lebih berhati-hati ketika berkendara melalui

daerah yang rawan terjadi kecelakaan lalu lintas. Alternatif solusi pemasangan rambu daerah rawan kecelakaan dapat dilihat pada Tabel 11.

5) Pemasangan Lampu Strobe

Penyebab terjadinya kecelakaan pada ruas jalan tol didominasi oleh pengemudi yang mengantuk, sehingga dalam antisipasi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan tingkat fokus pengemudi dalam berkendara adalah memasang lampu strobo pada jalan tol. Efek dari lampu strobo tersebut adalah dengan adanya 'ilusi' bergerak, motorik pengemudi tentunya akan lebih terangsang dalam berkendara. Hal ini yang kemudian dapat menjadi solusi alternatif dalam mengurangi kejadian kecelakaan lalu lintas yang diakibatkan oleh pengemudi mengantuk. Alternatif solusi pemasangan lampu strobo dapat dilihat pada Tabel 12.

6) Evaluasi Pemasangan Speed Camera

Pemasangan *speed camera* pada ruas jalan tol Ngawi-Kertosono yang sudah dilakukan, perlu diadakan evaluasi lebih lanjut. Hal ini dikarenakan titik pemasangan *speed camera* seharusnya terletak pada titik yang tersembunyi sehingga pengemudi tidak mengetahui lokasi *speed camera* agar lebih berhati-hati saat berkendara. Jika titik pemasangan sudah diketahui, maka otomatis para pengemudi akan mengurangi kecepatan ketika akan melalui *speed camera*. Sedangkan setelahnya pengemudi dapat mengemudi kendaraan tanpa kewaspadaan. Jika perlu, dibuatkan peraturan yang jelas dan tegas untuk oknum yang memberitahukan titik pemasangan *speed camera* agar titik pemasangan tidak diketahui lagi oleh pengemudi.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

A. Kesimpulan

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kecelakaan lalu lintas yang terjadi di sepanjang ruas jalan tol Ngawi-Kertosono disebabkan oleh 2 hal yaitu faktor manusia dan kendaraan. Sedangkan untuk mayoritas kejadian kecelakaan yang terjadi diakibatkan oleh mengantuk adalah 173 kejadian dan ban pecah dengan total 91 kejadian.

Hasil perhitungan *accident rate* di ruas jalan tol Ngawi-Kertosono sepanjang tahun 2018-2022 berdasarkan kecelakaan klasifikasi berat terbesar adalah 1,080 kecelakaan/100 PJKP yaitu pada tahun 2018 dan yang terkecil adalah 0,4925 kecelakaan/100 PJKP yaitu pada tahun 2021. Sedangkan untuk kecelakaan klasifikasi sedang terbesar adalah 3,4746 kecelakaan/100 PJKP yaitu pada tahun 2018 dan yang terkecil adalah 0,5314 kecelakaan/100 PJKP yaitu pada tahun 2021. Untuk kecelakaan klasifikasi ringan terbesar adalah 0,5946 kecelakaan/100 PJKP yaitu pada tahun 2019 dan yang terkecil adalah 0,0857 kecelakaan/100 PJKP yaitu pada tahun 2022.

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode *Z-Score*, didapatkan bahwa ruas Caruban-Nganjuk merupakan daerah black site pada keseluruhan ruas jalan tol Ngawi-Kertosono. Dengan titik rawan kecelakaan adalah pada KM 618, 629, 630, 633, 634, 635, 636, 638, 639, 643, dan 645. Beberapa alternatif solusi penanganan untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan lalu lintas pada ruas

jalan tol Ngawi-Kertosono adalah dengan pemasangan rambu batas kecepatan, rambu peringatan overload, rambu daerah rawan kecelakaan, pemasangan pita penggaduh (rumble strip), pemasangan lampu strobo, dan evaluasi titik pemasangan speed camera.

Tuliskan kesimpulan dari penelitian yang artikelnya Anda tulis ini tanpa mengulang hal-hal yang telah disampaikan di Abstrak. Kesimpulan dapat diisi pula tentang pentingnya hasil yang dicapai dan saran untuk aplikasi dan pengembangannya.

B. Saran

Adapun saran yang dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya tentang analisis kecelakaan lalu lintas studi kasus ruas jalan tol Ngawi-Kertosono, antara lain diperlukan analisis hubungan antara kecelakaan dengan: kondisi cuaca, kondisi jalan, kecepatan kendaraan, jenis kelamin pelaku, serta riwayat kesehatan pelaku saat terjadinya kecelakaan lalu lintas. Serta dapat ditambahkan hasil analisis biaya satuan korban kecelakaan lalu lintas yang terjadi sepanjang ruas jalan tol Ngawi-Kertosono dan evaluasi kembali terkait

fasilitas dan rambu yang ada apakah dalam aplikasinya masih efektif di lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih peneliti ucapkan kepada PT. Jasa Marga Ngawi-Kertosono-Kediri yang telah bersedia membantu menyediakan data untuk kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pemerintah Indonesia, *Peraturan Pemerintah Nomor 44 Tahun 2009 tentang Perubahan Atas Peraturan Pemerintah Nomor 15 Tahun 2005 tentang Jalan Tol*. Jakarta: LN. 2009 No. 88, TLN No.5019, LL SETNEG : 3 HLM, 2009.
- [2] Pemerintah Pusat Indonesia, *Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 15 Tahun 2005 tentang Jalan Tol*. Jakarta: LN. 2005 No. 32, TLN No. 4489 LL SETNEG : 41 HLM, 2005.
- [3] Pemerintah Pusat Indonesia, *Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. Jakarta: LN. 2009/ No. 96, TLN NO. 5025, LL SETNEG : 143 HLM, 2009.
- [4] Hasan I, *Pokok-pokok Materi Statistik I*, 2nd ed. Jakarta: Bumi Aksara, 2001.
- [5] Austroads, *Road Crashes, Guide and Traffic Engineering Practice Part 4*. Sydney: Austroads. Ltd, 1992.