

# Analisis Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas pada Ruas Jalan Tol Surabaya-Gempol

Asep Fahza dan Hera Widyastuti

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

*E-mail:* hera@ce.its.ac.id

**Abstrak**—Kecelakaan lalu lintas merupakan indikator utama tingkat keselamatan jalan raya. Di negara maju masalah keselamatan jalan merupakan masalah yang sangat diperhatikan guna mereduksi kuantitas kecelakaan yang terjadi. Hal ini menjadi indikator terhadap pentingnya memahami karakteristik kecelakaan. Jumlah korban yang cukup besar akan memberikan dampak ekonomi (kerugian material) dan sosial yang tidak sedikit.

Tujuan tugas akhir ini adalah menghitung besarnya angka kecelakaan pada ruas jalan tol Surabaya-Gempol, menghitung nilai ekonomi akibat kecelakaan berdasarkan tingkat keparahan korban menggunakan metode The Gross Output (Human Capital). Menganalisis daerah rawan kecelakaan (Black Site) dengan metode Z-Score dan Cumulative Summary (Cusum), membuat titik daerah rawan kecelakaan pada ruas jalan yang sering terjadi kecelakaan. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa ruas jalan yang memiliki Accident Rate tertinggi untuk korban meninggal dunia dunia di jalan tol Surabaya-Gempol adalah pada tahun 2016, untuk luka berat pada tahun 2016, untuk korban luka ringan adalah pada tahun 2014. Uji Hipotesis One Way-ANNOVA membuktikan bahwa bulan dan harinya terjadinya kecelakaan lalu lintas memberikan hasil yang sama identik, tidak berpengaruh terhadap kejadian kecelakaan, sedangkan jam terjadi, jenis kelamin dan cuaca kejadian kecelakaan memberikan hasil sebaliknya yaitu berbeda nyata atau berpengaruh pada terjadinya kecelakaan. Dari hasil perhitungan menggunakan metode The Gross Output (Human Capital) didapat nilai ekonomi akibat kecelakaan lalu-lintas yang melibatkan korban meninggal dunia (tahun 2012-2016) sebesar Rp. 14.931.019.884,70, sedangkan korban luka berat (tahun 2012-2016) sebesar Rp. 2.711.662.398,14, dan korban luka ringan (tahun 2012-2016) sebesar Rp. 1.338.232.607,76. Dengan metode Z-Score diperoleh daerah rawan kecelakaan pada ruas jalan tol Waru-Sidoarjo pada STA 24-25. Lokasi Black spot terletak di STA 18-19 dan STA 22-24.

**Kata Kunci**—Jalan Tol, Black Spot, Collision Diagram, Kecelakaan Lalu lintas, One Way – ANOVA, The Gross Output.

## I. PENDAHULUAN

**K**ECELAKAAN lalu lintas merupakan salah satu penyebab kematian terbesar di Indonesia. Jumlah korban yang cukup besar akan memberikan dampak ekonomi (kerugian material) dan sosial yang tidak sedikit, berbagai usaha preventif hingga perbaikan lalu lintas dengan melibatkan berbagai pihak yang terkait hasilnya belum sesuai yang diharapkan.

Dalam meningkatkan keamanan lalu lintas di jalan terdapat 3 (tiga) bagian yang saling berhubungan dengan operasi lalu lintas, yakni: pengemudi, kendaraan, dan jalan raya. Data kecelakaan yang ada dari Jasa Marga dari tahun ke tahun bahwa penyebab kecelakaan yang terbesar disebabkan oleh faktor manusia (pengemudi). Penyebab kecelakaan yang

dilakukan akibat kendaraan terutama jalan raya (geometrik) sangatlah kecil pengaruhnya. Hal ini sangat kontradiksi dengan kenyataan yang ada bahwasanya *traffic engineer* hanya dapat mengendalikan salah satu bagian, yakni; Jalan Raya.

Jalan tol sebagai jalan bebas hambatan memberikan perbedaan yang nyata dengan jalan biasa. Perbedaan ini diharapkan mampu memberikan kualitas yang lebih mengingat tingkat mobilitas masyarakat yang semakin meningkat. Namun dengan statusnya yang bebas hambatan bukan berarti masalah kecelakaan lalu lintas juga dapat teratasi. Dengan kelebihan-kelebihan yang dimiliki terkadang justru membuat para pengemudi lengah dan beresiko membahayakan keselamatan dirinya dan orang lain. Oleh karena itu diperlukan berbagai upaya untuk meminimalkan kemungkinan terjadi kecelakaan.

Tol Surabaya-Gempol dengan panjang jalan 43 kilometer, jalan tol ini beroperasi secara penuh sejak tahun 1986. Namun dengan bencana lumpur panas Lapindo Brantas Inc, jalan ini terpotong sekitar enam kilometer yang menghubungkan Porong dan Gempol. Pemerintah memutuskan menutup ruas tersebut sebagai jalan tol, sehingga panjangnya berkurang menjadi 37 kilometer. Jalan yang dikelola oleh cabang Surabaya-Gempol ini memiliki 2 x 3 lajur (Waru-Dupak) dan 2 x 2 lajur (Waru-Gempol), tujuh interchange, 27 jembatan perlintasan kendaraan, dan dua jembatan penyeberangan orang. Pada ruas ini terdapat 10 gerbang tol yang terdiri dari enam gerbang tol dengan sistem transaksi terbuka dan empat gerbang dengan sistem transaksi tertutup.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan yang digunakan terdiri atas kajian pustaka serta kajian teori terkait kasus dalam penelitian yang bertujuan agar dapat menyelesaikan masalah yang ada dalam penelitian.

### A. Teknik Analisis Data Kecelakaan

Penarikan kesimpulan pada statistik deskripsi hanya ditunjukkan pada kumpulan data yang ada. Berdasarkan ruang lingkup, biasanya statistik deskripsi meliputi:

#### 1) Distribusi Frekuensi

Distribusi frekuensi adalah data acak dari suatu penelitian yang disusun menurut kelas-kelas interval tertentu atau menurut kategori tertentu dalam sebuah daftar. Distribusi frekuensi terdiri dari grafik disktribusi, ukuran nilai pusat dan ukuran dispersi.

#### Ukuran Nilai Pusat

Ukuran nilai pusat yang meliputi rata-rata, median, modus, kuartil dan lain sebagainya. Dalam perhitungan pertumbuhan

indeks kecelakaan akan mencari nilai rata-rata dengan rumus umum:

$$X = \frac{\sum Xi}{n} \tag{1}$$

Dimana:

- X = Nilai rata-rata
- Xi = Jumlah data
- n = Jumlah sampel

**Standar Deviasi**

Standar deviasi adalah ukuran yang menyatakan seberapa jauh simpangan nilai-nilai data dari nilai-nilai pusatnya. Standar deviasi adalah akar dari tengah kuadrat simpangan dari nilai tengah. Simpangan baku (standar deviasi) untuk seperangkat data X1, X2, X3,.....Xn (Data tunggal) dapat ditentukan dengan metode biasa, yaitu:

*Ukuran Sampel Besar (n ≥ 30)*

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x-x)^2}{n}} \tag{2}$$

*Ukuran Sampel Kecil*

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x-x)^2}{n-1}} \tag{3}$$

**2) Z-Score**

Z-Score adalah bilangan "z" atau bilangan standar atau bilangan baku. Bilangan "z" dicari dari sampel yang berukuran n, dengan data-data X1, X2, X3,.....Xn dengan rata-rata X pada simpangan baku "S", sehingga dapat dibentuk data baru yaitu z1, z2, z3,.....zn dengan rata-rata 0 simpangan baku 1. Dengan kata lain, nilai z dapat dikatakan seberapa standar deviasi jauh jarak nilai suatu data dengan nilai meannya.

Nilai "z" dapat dicari dengan rumus [1]:

$$Z = \frac{X_i - X}{s} \tag{4}$$

Dimana :

- Z1 = Nilai z-score kecelakaan pada lokasi "1"
- S = Standar Deviasi
- Xi = Jumlah data pada lokasi "i"
- X = Nilai rata-rata
- I = 1,2,3,4.....n

**3) Cusum (Cummulative Summary)**

Cusum (Cummulative Summary) adalah suatu prosedur yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi *Black Spot*. Grafik Cusum merupakan suatu prosedur statistik standar sebagai kontrol kualitas untuk mendeteksi perubahan dari nilai mean.

Nilai Cusum dapat dicari dengan rumus [2]:

**Mencari Nilai Mean (W)**

Perhitungan untuk mencari nilai mean dari data sekunder, yaitu sebagai berikut:

$$W = \frac{\sum Xi}{L \times T} \tag{5}$$

Dimana:

- W = Nilai mean
- ∑Xi = Jumlah kecelakaan
- L = Jumlah STA
- T = Waktu/periode

**Mencari Nilai Cusum Kecelakaan Tahun Pertama (so)**

Perhitungan untuk mencari nilai Cusum kecelakaan tahun pertama adalah dengan mengurangi jumlah kecelakaan tiap tahun dengan nilai mean, yaitu:

$$S = (X1 - W) \tag{6}$$

Dimana:

- So = Nilai Cusum kecelakaan tahun pertama
- Xi = Jumlah kecelakaan tiap tahun
- W = Nilai mean.

**Mencari Nilai Cusum Kecelakaan Tahun Selanjutnya (Si)**

Untuk mencari nilai Cusum kecelakaan tahun selanjutnya adalah dengan menjumlahkan nilai Cusum tahun pertama dengan hasil pengurangan jumlah kecelakaan dan nilai mean pada tahun selanjutnya, yaitu:

$$S = [S_0 + (X1 - W)] \tag{7}$$

Dimana:

- S = Nilai Cusum kecelakaan
- So = Nilai Cusum kecelakaan tahun pertama
- X = Jumlah kecelakaan

**4) Metode One Way – ANOVA**

Analisis varians tunggal adalah sebuah metode dari ilmu statistik yang digunakan untuk menguji hipotesis apakah beberapa varietas yang diuji memberikan hasil yang sama identik atau berbeda nyata. Pada penelitian ini, metode One Way – ANOVA akan digunakan untuk menguji hipotesis apakah waktu, lokasi kejadian, jenis kelamin pelaku dan jenis kendaraan yg terlibat kecelakaan memberikan hasil yang sama identik atau berbeda nyata terhadap kecelakaan lalu lintas yang terjadi.

Dasar pengambilan keputusan uji ANOVA dari penelitian yang dilakukan adalah :

**Perbandingan F hitung dengan F Tabel**

Bila F hitung < F Tabel, maka Ho ditolak

Bila F hitung > F Tabel, maka Ho diterima, relatif identik **Nilai Probabilitas**

Bila P value < 0,05 maka Ho ditolak

Bila P value > 0,05 maka Ho diterima

**5) Metode The Gross Output (Human Capital)**

Metode The Gross Output (Human Capital) adalah sebuah metode untuk menghitung besaran biaya korban kecelakaan lalu lintas (biaya korban kecelakaan lalu lintas yang diakibatkan oleh suatu kejadian kecelakaan lalu lintas untuk setiap kelas kecelakaan lalu lintas). Biaya satuan korban kecelakaan lalu lintas adalah biaya yang diperlukan untuk perawatan korban kecelakaan lalu lintas untuk setiap kategori korban.

Perumusan The Gross Output (Human Capital) disajikan dalam persamaan berikut :

$$BSKO_i(T_n) = BSKO(T_0) \times (1 + g)^t \tag{8}$$

Keterangan :

- BSKOj (Tn) = biaya satuan korban kecelakaan lalu lintas pada tahun N untuk setiap kelas kecelakaan (rupiah/korban)
- BSKOj (To) = biaya satuan korban kecelakaan lalu lintas pada tahun 2003 untuk setiap kelas kecelakaan (rupiah/korban)
- g = tingkat inflasi biaya satuan kecelakaan (%), nilai standart g = 11 %
- Tn = tahun perhitungan biaya korban
- To = tahun dasar perhitungan biaya korban (2003)
- t = selisih tahun perhitungan (Tn – To)
- i = kategori korban

Besaran biaya satuan kecelakaan lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1.

Besaran Biaya Satuan Korban Kecelakaan Lalu Lintas, BSKOj (To) [3]	
Klasifikasi Korban	Biaya Satuan Korban
Korban Mati	119.016.000,00
Korban Luka Berat	5.286.000,00
Korban Luka Ringan	1.045.000,00

6) *Angka Kecelakaan Lalu Lintas*

Untuk berbagai tujuan umum laju kecelakaan dihitung berkaitan dengan populasi, jumlah kendaraan terdaftar dan jumlah perjalanan kendaraan. Penggolongan data seringkali diperlukan dengan membagi menjadi data dikota dan diluar kota. Bentuk laju kecelakaan lalu lintas yang paling berguna adalah yang berhubungan dengan jumlah perjalanan kendaraan yang terkait dengan volume lalu lintas dan panjang jalan pada periode tertentu dua indek yang digunakan secara internasional adalah: [4]

$$N = \frac{\text{jumlah kecelakaan luka-luka per tahun} \times 10^6}{\text{panjang jalan (km)} \times \text{arus lalu lintas per tahun}} \quad (9)$$

$$K = \frac{\text{jumlah kematian per tahun} \times 10^8}{\text{panjang jalan (km)} \times \text{arus lalu lintas per tahun}} \quad (10)$$

Dimana:

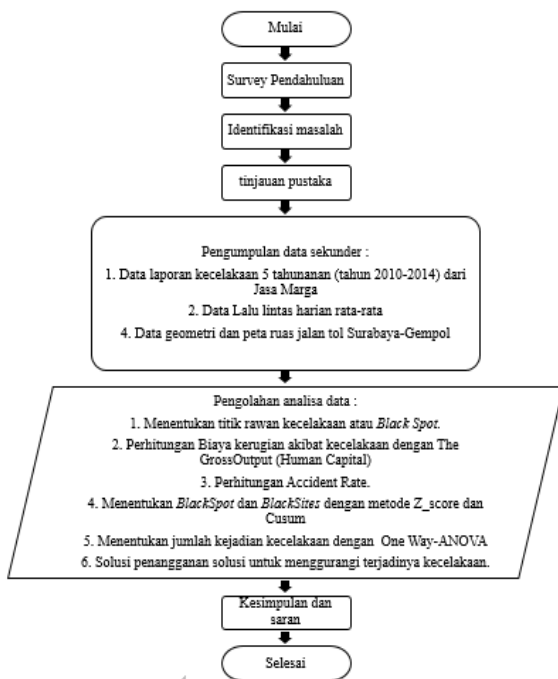
N = Kecelakaan luka-luka per satu juta kilometer kendaraan per tahun

K = Kematian per 100 juta kilometer kendaraan per tahun

Perumusan ini dapat diterapkan untuk menghitung angka kecelakaan pada berbagai jenis jalan, asalkan diketahui jumlah total kecelakaan selama periode pengamatan, panjang jalan yang ditinjau, dan data lalu lintas kendaraan yang melewati jalan tersebut. Dimana dari ruas jalan tersebut akan diperoleh hasil berupa seberapa besar pengaruh antara angka kecelakaan lalu lintas dengan tipe jalan [5].

III. METODOLOGI

Diagram Alir Penelitian pengerjaan untuk menyelesaikan penelitian tersebut pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram alir metodologi penyelesaian.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

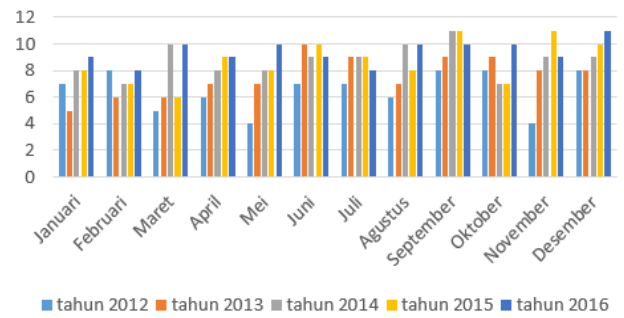
A. *Analisis Data Karakteristik Kejadian Kecelakaan Lalu Lintas.*

Analisis kejadian kecelakaan lalu lintas yang dimaksud adalah analisis terjadinya kecelakaan lalu lintas terhadap beberapa parameter yang memiliki hubungan dengan kejadian kecelakaan lalu lintas tersebut.

1) *Analisis kejadian kecelakaan lalu lintas berdasarkan waktu (bulan)*

Kecelakaan lalu lintas di sepanjang jalan tol Surabaya-Gempol jika dilihat dari prosentase kejadiannya, terjadi merata di setiap bulannya.

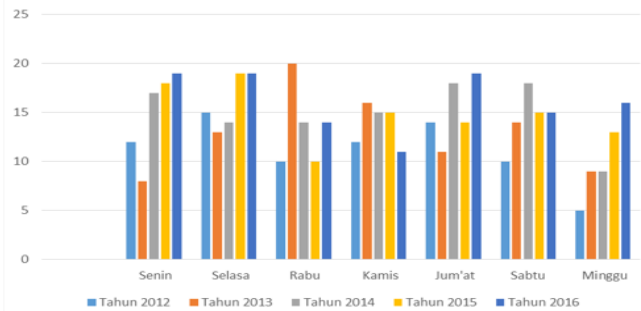
Kejadian Kecelakaan berdasarkan Bulan



Gambar. 2. Grafik jumlah kejadian kecelakaan lalu-lintas berdasarkan bulan terjadinya.

2) *Analisis kejadian kecelakaan lalu lintas berdasarkan waktu (hari)*

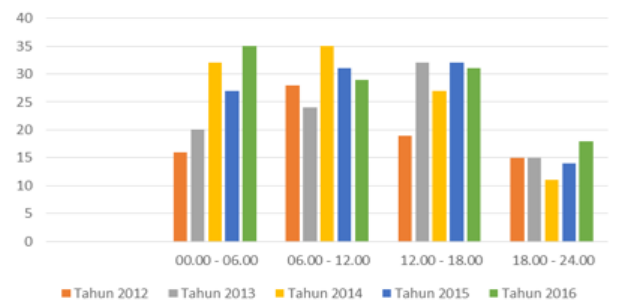
Grafik kecelakaan lalu lintas terhadap waktu (hari)



Gambar. 3. Grafik jumlah kejadian kecelakaan lalu-lintas berdasarkan hari terjadinya.

3) *Analisis kejadian kecelakaan lalu lintas berdasarkan waktu (jam)*

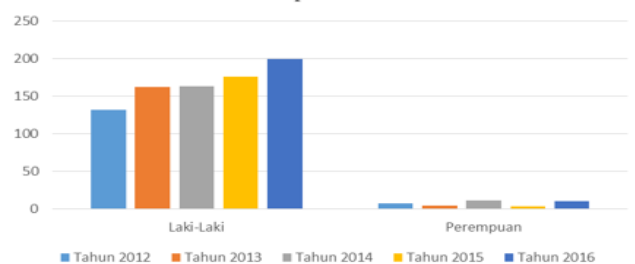
Grafik Kecelakaan lalu lintas terhadap waktu (jam)



Gambar. 3. Grafik jumlah kejadian kecelakaan lalu-lintas berdasarkan waktu (jam) terjadinya.

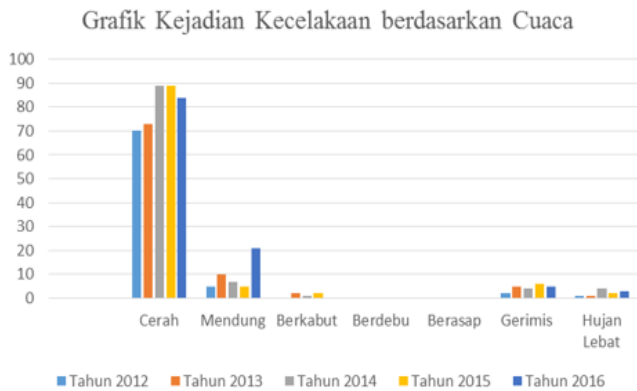
4) *Analisis kejadian kecelakaan lalu lintas berdasarkan jenis kelamin pelaku*

Grafik Kecelakaan lalu lintas berdasarkan jenis pelaku



Gambar. 4. Grafik jumlah kejadian kecelakaan lalu-lintas berdasarkan jenis kelamin pelaku.

5) Analisis kejadian kecelakaan lalu lintas berdasarkan cuaca



Gambar. 4. Grafik jumlah kejadian kecelakaan lalu-lintas berdasarkan cuaca.

B. Uji Hipotesis dengan metode one way-ANNOVA

Uji One Way – ANOVA antara jumlah kecelakaan dihubungkan dengan Bulan, Hari, Jam, Jenis Kelamin, Cuaca saat terjadinya kecelakaan. Hasil uji statistik dengan One Way – ANOVA melalui Minitab 16 antara kecelakaan lalu lintas pada ruas jalan tol Surabaya-Gempol selama 2012 – 2016 dengan beberapa faktor berpengaruh adalah :

- 1). Waktu
  - a) Bulan = Sama identik
  - b) Hari = Sama identik
  - c) Jam = Berbeda nyata
- 2). Cuaca = Berbeda nyata
- 3). Jenis Kelamin Pelaku = Berbeda nyata

C. Analisis angka kecelakaan lalu lintas (Accident Rate)

Untuk Menghitung besaran angka kecelakaan, diperlukan 3 data utama yang diperlukan untuk bisa menghitung besaran angka kecelakaan lalu lintas. Data-data yang dimaksud antara lain: data jumlah korban kecelakaan pada suatu ruas jalan tol, data panjang ruas jalan tol, dan data LHR lalu lintas.

Per 100 juta Kilometer Kendaraan Per Tahun untuk korban meninggal dunia.

$$\text{Accident Rate} = \frac{\text{Jumlah Korban Meninggal Dunia} \times 10^8}{\text{Panjang Jalan} \times \text{LHR} \times 365} \quad (11)$$

Per 1 juta Kilometer Kendaraan Per Tahun untuk korban meninggal dunia, luka berat, dan luka ringan.

$$\text{Accident Rate} = \frac{\text{Jumlah Korban Luka Berat} \times 10^6}{\text{Panjang Jalan} \times \text{LHR} \times 365} \quad (12)$$

Tabel 2.

Angka Kecelakaan Korban LB per 1 juta Km Kendaraan					
No.	Nama Ruas	Panjang (Km)	Jumlah Korban LB	LHR	Angka Kecelakaan Korban LB per 1 Juta Km Kendaraan
1	Perak-Perak	4	2	18870	0.073
2	Dupak-Banyu Urip	1.6	1	40492	0.042
3	Banyu Urip-Kota Satelit	3.6	2	41196	0.037
4	Kota Satelit-Gungun Sari	2.8	2	46547	0.042
5	Gungung Sari-Waru	5	4	44274	0.05
6	Waru-Sidoarjo	11	11	28636	0.096
7	Sidoarjo-Porong	9	5	20979	0.073
8	Porong-Gempol	3.8	0	0	

Tabel 3. Angka Kecelakaan Korban LR per 1 juta Km Kendaraan

No.	Nama Ruas	Panjang (Km)	Jumlah Korban Lr	LHR	Angka Kecelakaan Korban LR per 1 Juta Km Kendaraan
1	Perak-Perak	4	5	18870	0.181
2	Dupak-Banyu Urip	1.6	6	40492	0.254
3	Banyu Urip-Kota Satelit	3.6	9	41196	0.166
4	Kota Satelit-Gungun Sari	2.8	12	46547	0.252
5	Gungung Sari-Waru	5	16	44274	0.198
6	Waru-Sidoarjo	11	23	28636	0.2
7	Sidoarjo-Porong	9	12	20979	0.174
8	Porong-Gempol	3.8	0	0	

Tabel 4. Angka Kecelakaan Korban MD per 1 juta Km Kendaraan

No.	Nama Ruas	Jumlah Korban MD	LHR	Angka Kecelakaan Korban MD per 100 Juta Km Kendaraan	Angka Kecelakaan MD per 1 juta Km Kendaraan
1	Perak-Perak	1	18870	3.63	0.036
2	Dupak-Banyu Urip	0	40492	0	0
3	Banyu Urip-Kota Satelit	0	41196	0	0
4	Kota Satelit-Gungun Sari	1	46547	2.102	0.021
5	Gungung Sari-Waru	0	44274	0	0
6	Waru-Sidoarjo	5	28636	4.349	0.043
7	Sidoarjo-Porong	3	20979	4.353	0.044
8	Porong-Gempol	0	0	0	

D. Perhitungan Besaran Biaya Korban Kecelakaan Lalu Lintas dengan Metode The Gross Output (Human Capital)

Menghitung estimasi biaya satuan korban kecelakaan pada tahun 2014 dilakukan dengan rumus:

$$BSKO(T_{2012}) = BSKO(T_0) \times (1 + g)^t \quad (13)$$

Dimana BSKO (T<sub>0</sub>) adalah biaya satuan korban kecelakaan lalu lintas untuk setiap kategori korban, dalam satuan rupiah/korban, ‘g’ adalah tingkat inflasi biaya satuan korban kecelakaan lalu lintas, dalam satuan % dimana nilai ‘g’ yang digunakan penulis adalah nilai default g yaitu sebesar 11%. Untuk perhitungan estimasi biaya satuan korban kecelakaan lalu lintas adalah sebagai berikut:

- a) Korban meninggal dunia  
 $BSKO(T_{2012}) = 119.016.000 \times (1+11\%)^9$   
 $BSKO(T_{2012}) = Rp 304.447.322-$
- b) Korban luka berat  
 $BSKO(T_{2012}) = 5.826.000 \times (1+11\%)^9$   
 $BSKO(T_{2012}) = Rp 14.903.123-$
- c) Korban luka ringan  
 $BSKO(T_{2012}) = 1.045.000 \times (1+11\%)^9$   
 $BSKO(T_{2012}) = Rp 2.673.148-$

Tabel 5.  
Jumlah Korban Kecelakaan Lalu Lintas Ruas Jalan tol Surabaya-Gempol Tahun 2012

No.	Nama Ruas	Jumlah Korban		
		MD	LB	LR
1	Perak-Perak	1	2	5
2	Dupak-Banyu Urip	0	1	6
3	Banyu Urip-Kota Satelit	0	2	9
4	Kota Satelit-Gungun Sari	1	2	12
5	Gungun Sari-Waru	0	4	16
6	Waru-Sidoarjo	5	11	23
7	Sidoarjo-Porong	3	5	12
8	Porong-Gempol	0	0	0

Tabel 6.  
Besaran Biaya Korban Kecelakaan Lalu Lintas

No.	BBKO (Tn)			Total
	MD	LB	LR	
1	Rp304,447,323	Rp29,806,246	Rp13,365,743	Rp347,619,312
2	-	Rp14,903,123	Rp16,038,892	Rp30,942,015
3	-	Rp29,806,246	Rp24,058,337	Rp53,864,583
4	Rp304,447,323	Rp29,806,246	Rp32,077,783	Rp366,331,352
5	-	Rp59,612,492	Rp42,770,377	Rp102,382,870
6	Rp1,522,236,613	Rp163,934,354	Rp61,482,417	Rp1,747,653,385
7	Rp913,341,968	Rp74,515,616	Rp32,077,783	Rp1,019,935,366
8	-	-	-	-

E. Analisis lokasi Black Site

Dalam menentukan *Black Site* dalam tugas akhir ini, penulis menggunakan metode *Z-Score*, *Z-Score* atau bilangan *Z* adalah bilangan standar atau bilangan baku, *Z-Score* digunakan digunakan untuk membakukan angka kecelakaan pada tiap-tiap ruas jalan agar dapat dibandingkan dengan ruas jalan lainnya.

1) Mencari Nilai rata-rata angka kecelakaan ( $X_{\bar{}}$ )

Nilai rata-rata ( $X_{\bar{}}$ ) adalah jumlah rata-rata angka kecelakaan dibagi dengan jumlah data.

2) Mencari Standar Deviasi

Nilai standar deviasi ( $S$ ) adalah akar dari jumlah kuadrat rata-rata angka kecelakaan pertahun dikurangi rata-rata angka kecelakaan dibagi jumlah data.

3) Mencari nilai *Z*

Nilai *Z-score* ( $Z$ ) adalah rata-rata angka kecelakaan pertahun dikurangi rata-rata angka kecelakaan dibagi standar deviasi.

Tabel 7.  
Nilai *Z-Score*, Rata-rata Angka Kecelakaan per Tahun

Ruas Jalan	N	X	X'	X'-X	(X'-X) <sup>2</sup>	S	Z
Perak-Perak	1119	139.9	196.23	-56	3176.379	136.5	-0.41
Dupak-Banyu Urip	646	80.75	196.23	-115	13336.64	136.5	-0.085
Banyu Urip-Kota Satelit	1086	135.8	196.23	-60	3658.36	136.5	-0.44
Kota Satelit-Gungun Sari	1334	166.8	196.23	-29	869.328	136.5	-0.22
Gungun Sari-Waru	2054	256.8	196.23	61	3662.141	136.5	0.44
Waru-Sidoarjo	4096	512	196.23	316	99707.93	136.5	2.31
Sidoarjo-Porong	1872	234	196.23	38	1426.242	136.5	0.28
Porong-Gempol	352	44	196.23	-152	23175.31	136.5	-1.12

F. Analisis Titik Rawan Kecelakaan Black Spot

Titik rawan kecelakaan lalu lintas atau *Black Spot* merupakan titik pada ruas jalan yang rawan terjadi kecelakaan lalu lintas. Metode yang penulis gunakan untuk menentukan titik rawan kecelakaan pada Tugas Akhir ini adalah metode *Cummulative Summary* atau (*Cusum*).

4) Nilai rata-rata

Nilai rata-rata mean ( $W$ ) adalah jumlah kecelakaan lalu lintas selama 5 tahun, dibagi dengan jumlah *stationing* ( $L$ ) dikali waktu/periode ( $T$ ), sehingga:

$$W = \frac{\sum X_i}{L \times T} \tag{14}$$

5) Mencari nilai *Cusum* kecelakaan lalu lintas tahun pertama ( $S_0$ )

Untuk mendapatkan nilai *Cusum* kecelakaan lalu-lintas pada tahun pertama yaitu pada tahun 2012 adalah dengan mengurangi angka kecelakaan pada tahun tahun 2012 dengan nilai rata-rata:

$$S_0 = (X_i - W) \tag{15}$$

Mencari nilai *cusum* kecelakaan lalu lintas pada tahun berikutnya

$$S = S_0 + (X_i - W) \tag{16}$$

Tabel 9.  
Contoh Tabel perhitungan *Black Spot* dengan metode *Cusum* untuk STA 0-1 tahun 2012-2016

No.	STA	Tahun	Jumlah Kecelakaan (Xi)	$\sum X_i$	W	(Xi-W)	Si
		2012	0	491	2.23	-2.23	-
		2013	0	491	2.23	-2.23	-
1	0-1	2014	1	491	2.23	-1.23	3.46
		2015	3	491	2.23	0.77	1.46
		2016	1	491	2.23	-1.23	3.46

G. Solusi Kecelakaan

1) Analisis Faktor Penyebab dan Alternatif Solusi untuk Meminimalkan Kecelakaan Lalu Lintas

Jika melihat jumlah kejadian kecelakaan lalu lintas yang terus meningkat dari tahun ke tahu, maka perlu dilakukan analisis faktor – faktor yang menyebabkan dan solusi untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya kecelakaan lalu lintas tersebut.

2) Faktor-faktor Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas

Faktor – faktor penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas perlu dicari untuk selanjutnya dapat ditentukan solusi yang tepat guna dapat meminimalkan kemungkinan terjadinya kecelakaan lalu lintas. Secara umum, faktor – faktor yang menyebabkan terjadinya kecelakaan lalu lintas ada 3 faktor, yaitu :

a) Faktor manusia

Faktor manusia atau yang lebih akrab disebut sebagai *human error* merupakan salah satu penyebab utama terjadinya kecelakaan lalu lintas di jalan raya. Mengabaikan peringatan untuk lebih waspada hingga melanggar peraturan lalu lintas menjadi sebuah kecenderungan yang dimiliki oleh para pengguna jalan raya, seperti pengemudi dalam keadaan lelah, mengantuk atau bahkan dalam pengaruh minuman keras atau narkoba, pengemudi lepas kendali/tidak mampu mengontrol laju kendaraanya.

## b) Faktor kendaraan

Kendaraan menjadi satu hal yang penting saat membicarakan keselamatan berlalu lintas di jalan raya. Kendaraan yang digunakan oleh para pengemudi harus dalam kondisi baik dan layak dikendarai. Pemeliharaan dan pengontrolan kendaraan secara teratur dapat menunjang performa kendaraan sehingga layak digunakan.

## c) Faktor kondisi geometri jalan

Kondisi jalan yang buruk merupakan penyebab lain terjadinya kecelakaan, seperti permukaan aspal bergelombang, retak hingga berlubang. Selain itu, pemisah jalan yang hanya berupa marka tanpa median jalan juga disinyalir menjadi penyebab seringnya terjadi kecelakaan di sepanjang Jalan tol Surabaya-Gempol karena sering pengguna jalan tol berhenti dan berbelok serta berpindah lajur di sembarang tempat. Kondisi penerangan jalan yang kurang baik menambah tingginya kemungkinan terjadinya kecelakaan karena jarak pandang pengguna jalan raya terbatas.

3) *Alternatif Solusi untuk Meminimalisir Kecelakaan Lalu Lintas.*

Hal – hal yang harus dilakukan untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan lalu lintas tidak hanya melalui perbaikan fisik, seperti perbaikan jalan, pembangunan sarana tambahan, pemasangan rambu – rambu peringatan, tetapi juga psikis para pengguna jalan agar jiwa – jiwa melanggar peraturan lalu lintas yang ada berkurang, bahkan hilang.

Rencana program penanganan dalam mereduksi kecelakaan lalu lintas pada jalan tol Surabaya-Gempol secara *Single Sites* dan *Mass Action* Penanganan secara *mass action* adalah penanganan yang umum terhadap lokasi-lokasi dengan faktor penyebab yang sudah umum. Rencana program-program yang dapat dilaksanakan dengan mereduksi kecelakaan.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

## A. Kesimpulan

1) *Accident rate pada ruas jalan tol Surabaya-Gempol selama 2012 – 2016 berdasarkan:*

- Klasifikasi kecelakaan fatal atau meninggal dunia, yang tertinggi sebesar 32,83 kecelakaan/ 100JPKP dan yang terendah dengan 0 kecelakaan/ 100JPKP.
- Klasifikasi kecelakaan luka berat, yang tertinggi dengan 0,146 kecelakaan/ 1JPKP dan yang terendah terjadi dengan 0 kecelakaan/ 1JPKP.
- Klasifikasi kecelakaan luka ringan, yang tertinggi dengan 0,33 kecelakaan/ 1JPKP dan yang terendah terjadi dengan 0,074 kecelakaan/ 1JPKP.

2) *Hubungan kecelakaan lalu lintas dengan beberapa faktor berpengaruh pada ruas jalan tol Surabaya-Gempol selama 2012 – 2016, yang paling dominan adalah :*

## a) Waktu

Bulan : September  
Hari : Selasa dan Jumat  
Jam : 06.01 – 12.00

## b) Jenis Kelamin Pelaku : Laki-laki

3) *Hasil uji statistic dengan One Way – ANOVA melalui Minitab 16 antara kecelakaan lalu lintas pada ruas jalan tol Surabaya-Gempol selama 2012 – 2016 dengan beberapa faktor berpengaruh adalah :*

## a) Waktu

Bulan : Sama identik  
Hari : Sama identik  
Jam : Berbeda nyata

## b) Cuaca : Berbeda nyata

## c) Jenis Kelamin Pelaku : Berbeda nyata

4) *Besaran biaya satuan kecelakaan lalu lintas ( BSKO – Tn) dengan metode perhitungan The Gross Output (Human Capital) akibat kecelakaan lalu lintas secara total (kelas fatal dan ringan) yang terjadi pada ruas jalan tol Surabaya-Gempol selama 2012 – 2016 adalah :*

- 2012 : Rp 3,668,728,882.84
- 2013 : Rp 1,025,817,495.58
- 2014 : Rp 3,541,314,496,14
- 2015 : Rp. 3,674,303,714.64
- 2016 : Rp. 7,070,750,302.38

5) *Lokasi rawan kecelakaan lalu lintas tertinggi pada STA 18-19 dan STA 22-23*6) *Alternatif solusi untuk mereduksi kecelakaan adalah dengan metode Single Site dan Mass Action.*

## B. Saran

Pada penelitian selanjutnya, dapat dilakukan analisis kecelakaan lalu lintas dihubungkan dengan kecepatan kendaraan, kondisi geometri jalan.

## DAFTAR PUSTAKA

- M. I. Hasan, *Pokok-Pokok Materi Statistik*. Jakarta: Bumi Aksara, 2001.
- Austroroads, *Austroroads Guide to Road design Part 4: Intersections and Crossings - General*. 1968.
- K. Dan and B. Pd, “Perhitungan Besaran Biaya Kecelakaan Lalu Lintas dengan Menggunakan Metoda The Gross Output (Human Capital).”
- F. D. (Frederick D. Hobbs, *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*. 1995.
- H. Oblesby, C, *Teknik Jalan Raya*. 1982.