

## PERBANDINGAN METODE *CUMULATIVE SUMMARY* DAN *Z-SCORE* DALAM IDENTIFIKASI *BLACK SPOT* SERTA EVALUASI BANGUNAN PELENGKAP JALAN PADA RUAS JALAN TAMBAK OSOWILANGUN – GRESIK – KALIANAK

Jovita Meiva Angelina<sup>1</sup>, Audinda Virsa Leinia<sup>2</sup>  
[jovitameiva.22010@mhs.unesa.ac.id](mailto:jovitameiva.22010@mhs.unesa.ac.id)<sup>1</sup>, [audindaleinia@unesa.ac.id](mailto:audindaleinia@unesa.ac.id)<sup>2</sup>  
Universitas Negeri Surabaya

### ABSTRAK

Ruas Jalan Tambak Osowilangun – Gresik – Kalianak di Kota Surabaya merupakan koridor arteri primer logistik yang memiliki tingkat kecelakaan lalu lintas sangat tinggi, sehingga dikenal oleh masyarakat sebagai "jalur tengkorak". Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik kecelakaan lalu lintas, menentukan segmen titik rawan kecelakaan (*black spot*), serta mengevaluasi kondisi bangunan pelengkap keselamatan jalan pada koridor sepanjang 6 km tersebut. Ruas pengamatan dibagi secara sistematis menjadi enam segmen dengan panjang masing-masing 1 km. Analisis data sekunder menggunakan rekaman kecelakaan periode tahun 2022–2025 dari Polrestabes Surabaya dan Polres Pelabuhan Tanjung Perak. Penentuan lokasi *black spot* dilakukan melalui pendekatan komparatif antara metode *Cumulative Summary* (CUSUM) dan metode *Z-Score*. Hasil analisis menunjukkan bahwa kedua metode menghasilkan identifikasi spasial yang konsisten. Segmen 1 (STA 0+000 – STA 1+000) teridentifikasi sebagai segmen paling rawan (*black spot* utama), diikuti oleh Segmen 6 (STA 5+000 – STA 6+000), Segmen 3 (STA 2+000 – STA 3+000), dan Segmen 2 (STA 1+000 – STA 2+000). Evaluasi kondisi bangunan pelengkap jalan di area *black spot* mengidentifikasi marka jalan yang memudar, posisi rambu yang miring atau terhalangi vegetasi dan tiang listrik, kegagalan fungsi lampu peringatan (*warning light*), serta kerusakan permukaan jalan berupa retak halus dan gelombang perkerasan. Diperlukan perbaikan dan penataan ulang infrastruktur keselamatan jalan secara menyeluruh guna menekan angka fatalitas kecelakaan lalu lintas.

**Kata Kunci:** *Black Spot*, CUSUM, *Z-Score*, Kecelakaan Lalu Lintas, Bangunan Pelengkap Jalan.

### ABSTRACT

The Osowilangun – Gresik – Kalianak road section in Surabaya is a critical primary arterial logistics corridor characterized by a high rate of traffic accidents, locally referred to as a "death path". This study aims to identify traffic accident characteristics, determine *black spot* segments, and evaluate the conditions of road complementary safety infrastructure along this 6 km corridor. The study area was systematically partitioned into six 1 km observation segments. Secondary accident data for the 2022–2025 period was obtained from the Surabaya Metropolitan Police and the Tanjung Perak Port Police. Spatial identification of *black spots* was evaluated using a comparative approach between the *Cumulative Summary* (CUSUM) and *Z-Score* statistical methods. The results indicate that both methods yield highly consistent spatial identifications. Segment 1 (STA 0+000 – STA 1+000) was identified as the most critical *black spot*, followed by Segment 6 (STA 5+000 – STA 6+000), Segment 3 (STA 2+000 – STA 3+000), and Segment 2 (STA 1+000 – STA 2+000). Physical evaluations of complementary structures within the *black spot* areas revealed severely faded lane markings, structural misalignment or vegetation blockage of traffic signs, malfunctioning solar-powered warning lights, and localized pavement distresses such as fatigue cracking and rutting. A thorough rehabilitation and reorganization of road safety equipment are required to mitigate accident rates and improve traffic safety.

**Keywords:** *Black Spot*, CUSUM, *Z-Score*, Traffic Accidents, Road Complementary Buildings.

## PENDAHULUAN

Surabaya sebagai salah satu kota terbesar di Provinsi Jawa Timur, memiliki kepadatan pada lalu lintas berada pada tingkat tinggi, terutama terdapat jalan-jalan provinsi dan nasional. Ruas jalan berfungsi sebagai akses utama menuju kawasan industri yang jadi penghubung antara Kota Surabaya dengan Kabupaten Gresik. Melalui perubahan yang terjadi, aktivitas serta tata guna lahan pada Kota Surabaya, kondisi ini menimbulkan dampak negatif berupa peningkatan kepadatan transportasi yang nantinya berpotensi pada peningkatan kecelakaan lalu lintas (Aldi, Y. G., 2022).

Kecelakaan lalu lintas merupakan kejadian yang tidak terduga di jalan raya yang secara accident mengalami kendaraan bermotor atau pengguna jalan lainnya dan berdampak pada kerugian harta benda serta korban jiwa (Al Qubro dkk., 2022). Kecelakaan lalu lintas dijelaskan sebagai peristiwa yang terjadi secara tiba-tiba dan dapat mengakibatkan korban di jalan, melibatkan kendaraan bermotor (baik dengan atau tanpa kehadiran pengguna jalan lain), serta menyebabkan kerugian (baik kematian maupun kerusakan harta benda) (UU No. 22 Tahun 2009). Perilaku berkendara yang terpengaruh oleh kondisi lalu lintas dan faktor-faktor infrastruktur lainnya dapat mengakibatkan kecelakaan lalu lintas (Jarasuci dkk., 2022).

Kecelakaan lalu lintas sebagai bagian unsur penyebab kematian terbesar di Indonesia (Al Qubro dkk., 2022). Dengan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia yang terus bertambah sejalan dengan meningkatnya angka kecelakaan lalu lintas (Al Qubro dkk., 2022). Adapun yang dilakukan dalam penguran kecelakaan dengan adanya perbandingan di titik rawan antara ruas jalan yang mempunyai tingkat kecelakaan tinggi dengan yang memiliki tingkat kecelakaan rendah, yang nantinya bisa dilakukan tindakan secara teknis. Kemudian, pada analisis keselamatan jalan merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menetapkan langkah yang tepat di daerah yang rawan dengan kecelakaan lalu lintas (Jarasuci dkk., 2022).

Berdasarkan penelitian (Safitri dkk., 2023) Data kecelakaan lalu lintas yang diperoleh dari Laka Lantas Polrestabes Surabaya antara tahun 2017 hingga 2022 mencatat bahwa di ruas Jalan Kalianak terdapat 32 korban meninggal, 16 mengalami luka berat, dan 69 luka ringan. Di ruas Jalan Gresik, tercatat 19 orang meninggal, 7 orang mengalami luka berat, dan 33 orang luka ringan. Pada segmen Jalan Tambak Osowilangun tercatat jumlah insiden paling tinggi, yaitu 37 orang meninggal, 13 orang mengalami luka berat, dan 92 orang mengalami luka ringan. Data tersebut pada ruas Jalan Tambak Osowilangun – Gresik – Kalianak menunjukkan angka kecelakaan yang lebih tinggi dibandingkan ruas jalan yang lain.

Urgensi penelitian ini harus dilakukan sebagai upaya untuk mengidentifikasi potensi titik kecelakaaan (black spot) yang ada di ruas jalan Jalan Tambak Osowilangun – Gresik–Kalianak agar mampu dilakukan pencegahan risiko yang cukup besar kedepannya. Mengingat ruas jalan ini merupakan akses utama menuju kawasan industri, kenyamanan dan keamanan pengguna jalan dalam perjalanan sangat mempengaruhi citra daerah sebagai kawasan industri. Oleh karena itu, peningkatan keselamatan pada ruas jalan ini perlu terus dimaksimalkan agar dapat memberikan dampak positif terhadap pengembangan kawasan industri. Langkah untuk menurunkan angka kecelakaan lalu lintas di suatu wilayah harus dimulai dengan identifikasi yang tepat terhadap titik- titik rawan kecelakaan atau bisa disebut sebagai black spot. Dengan mengetahui karakteristik dan lokasi titik rawan kecelakaan pada jalan tersebut, pihak berwenang dapat menjadikan penelitian ini sebagai

acuan proses dalam merencanakan mitigasi risiko kecelakaan jalan di kawasan tersebut.

Berdasarkan latar belakang tersebut, identifikasi black spot harus dilakukan secara terstruktur dengan menggunakan pendekatan kuantitatif yang dapat memperlihatkan bertambahnya jumlah kecelakaan. Dalam penelitian ini, penulis juga akan menentukan titik rawan kecelakaan (black spot) melalui metode Cumulative Summary (CUSUM) dan perbandingannya dengan metode Z-Score. Di samping itu, penilaian kelengkapan jalan di lokasi black spot dilakukan guna mengevaluasi seberapa baik fasilitas keselamatan jalan memenuhi standar yang ada, sehingga dapat dirumuskan strategi peningkatan keselamatan yang tepat dan efektif.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif komparatif berbasis data kecelakaan historis empat tahun (2022–2025) yang diintegrasikan dengan survei teknis visual prasarana jalan. Pembagian segmen jalan dilakukan secara merata dengan interval panjang masing-masing 1 km di sepanjang koridor studi sepanjang 6 km. Penentuan batas stasioning (STA) dimulai dari STA 0+000 hingga STA 6+000, dengan rincian segmen pengamatan sebagai berikut :

- A. Segmen 1 (STA 0+000 s.d. STA 1+000): Ruas Jalan Tambak Osowilangun
- B. Segmen 2 (STA 1+000 s.d. STA 2+000): Ruas Jalan Tambak Osowilangun
- C. Segmen 3 (STA 2+000 s.d. STA 3+000): Ruas Jalan Gresik
- D. Segmen 4 (STA 3+000 s.d. STA 4+000): Ruas Jalan Gresik
- E. Segmen 5 (STA 4+000 s.d. STA 5+000): Ruas Jalan Kalianak
- F. Segmen 6 (STA 5+000 s.d. STA 6+000): Ruas Jalan Kalianak

Tahap analisis kuantitatif pertama dilakukan menggunakan metode Cumulative Summary (CUSUM). Metode ini mendeteksi fluktuasi kumulatif dari frekuensi kecelakaan pada tiap segmen jalan terhadap nilai rata-rata wilayah pengamatan.

### Mencari Mean

$$W = \frac{\sum x_i}{L \times T} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

- W = Nilai *mean*
- $\sum X_i$  = Total jumlah kejadian kecelakaan
- L = Jumlah stasion
- T = Waktu / periode

### Mencari Nilai Cusum Kecelakaan Tahun Pertama (S0)

$$S_0 = (X_1 - W) \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

- S<sub>0</sub> = Nilai *cusum* kecelakaan untuk tahun pertama
- X<sub>i</sub> = Frekuensi kecelakaan pada segmen dan tahun 1,2,3.....n
- W = Nilai *mean*

### Mencari Nilai Cusum Kecelakaan Tahun Selanjutnya (S1)

$$S_1 = [S_0 + (X_1 - W)] \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

- S<sub>1</sub> = Nilai *cusum* kecelakaan tahun selanjutnya
- S<sub>0</sub> = Nilai *cusum* kecelakaan tahun pertama
- X<sub>i</sub> = Frekuensi kecelakaan pada segmen dan tahun 1,2,3.....n
- W = Nilai *mean*

Klasifikasi kerawanan didasarkan pada nilai akhir akumulasi CUSUM. Jika nilai CUSUM akhir bernilai positif ( $>0$ ), segmen tersebut dikategorikan sebagai daerah rawan kecelakaan (black spot). Sebaliknya, jika nilai CUSUM akhir bernilai negatif ( $<0$ ), segmen dikategorikan sebagai daerah aman atau tidak rawan kecelakaan. Tahap analisis kuantitatif kedua dilakukan dengan menggunakan metode Z-Score sebagai pembanding. Metode ini mengukur tingkat deviasi frekuensi kecelakaan pada suatu segmen terhadap rata-rata data keseluruhan berdasarkan nilai standar deviasi. Berikut rumus dari perhitungan Metode Z-Score:

#### Mencari Nilai Rata-Rata Data

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \dots \dots \dots (2.4)$$

Nilai *mean* (W) adalah jumlah kecelakaan dibagi waktu atau periode.

#### Mencari Nilai Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{n}} \dots \dots \dots (2.5)$$

Nilai standar deviasi (s) diperoleh dari akar kuadrat selisih antara jumlah kecelakaan dengan rata-rata angka kecelakaan yang telah dikuadratkan, kemudian dibagi dengan jumlah data dalam empat tahun terakhir.

#### Mencari Nilai Zi

$$Z_i = \frac{x_i - \bar{X}}{s} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:

$\bar{X}$  = Rata-rata angka kecelakaan (total)

X = Rata-rata angka kecelakaan per segmen

n = Jumlah data / segmen

S = Standar deviasi

$X_i$  = Nilai data pada lokasi i

$Z_i$  = Nilai z-score kecelakaan pada lokasi i

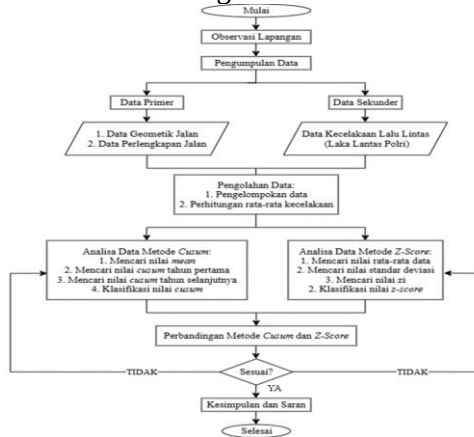
i = 1,2,3.....n

Nilai  $Z_i$  diperoleh dari selisih antara jumlah angka kecelakaan pada suatu lokasi dalam empat tahun terakhir dengan nilai rata-rata angka kecelakaan, kemudian dibagi dengan nilai standar deviasi yang telah diperoleh.

Kriteria penentuan black spot didasarkan pada nilai  $Z_i$ . Segmen dengan nilai  $Z_i$  bernilai positif ( $>0$ ) dikategorikan sebagai area rawan kecelakaan (black spot), sedangkan segmen dengan nilai  $Z_i$  negatif ( $<0$ ) dikategorikan sebagai area tidak rawan kecelakaan. Klasifikasi detail mengenai tingkat kerawanan kuantitatif ditentukan berdasarkan indeks klasifikasi Hadi (2000), yang membagi tingkat kerawanan menjadi Kelas I (Rawan Sangat Tinggi) untuk rentang nilai Z-Score 0,75 s.d. 0,97; Kelas II (Rawan Tinggi) untuk rentang nilai 0,53 s.d. 0,74; dan Kelas III (Rawan Rendah) untuk rentang nilai 0,32 s.d. 0,52.

Secara garis besar, langkah-langkah penelitian dan urutan bisa ditunjukkan pada Gambar 1. sebagai berikut:

Gambar 1. Bagan Alur Penelitian



Sumber: Hasil Pemikiran Penulis, 2026

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Inventarisasi Kondisi Geometrik Jalan Eksisting

Berdasarkan survei teknis visual secara langsung di lapangan, diperoleh karakteristik geometrik yang bervariasi pada ketiga ruas jalan utama. Pengukuran dimensi jalan menggunakan roll meter dan pengamatan visual dicatat secara sistematis pada tabel 1

Tabel 1 Karakteristik Geometrik Hasil Observasi Koridor Jalan

| Aspek Geometrik Jalan | Ruas Jalan Tambak Osowilangun (STA 0+000 - STA 2+000) | Ruas Jalan Gresik (STA 2+000 - STA 4+000) | Ruas Jalan Kalianak (STA 4+000 - STA 6+000) |
|-----------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Panjang Ruas Jalan    | 2 km                                                  | 2 km                                      | 2 km                                        |
| Kelas Fungsi Jalan    | Arteri primer                                         | Arteri primer                             | Arteri Primer                               |
| Lebar Jalur           | Total 2 jalur = 18 m                                  | Total 2 jalur = 18 m                      | Total 2 jalur = 16 m                        |
| Lebar Lajur           | Total 2 lajur = 8 m,                                  | Total 2 lajur = 8 m,                      | Total 2 lajur = 8 m,                        |
| Tipe Jalan            | 1 lajur = 4 m                                         | 1 lajur = 4 m                             | 1 lajur = 4 m                               |
| Median Jalan          | 2 jalur, 2 lajur                                      | 2 jalur, 2 lajur                          | 2 jalur, 2 lajur                            |
| Bahu Jalan            | Sebagian ruas ada, dengan lebar = 2 m                 | Sebagian ruas ada, dengan lebar = 2 m     | Tidak ada                                   |
| Marka Jalan           | Memudar                                               | Memudar                                   | Tidak terlihat                              |
| Trotoar               | Lunak (tanah)                                         | Lunak (tanah)                             | Lunak (tanah)                               |

Sumber: Hasil Penelitian, 2026

Gambar 1 Pengukuran Geometrik Jalan



Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2026

Inkonsistensi desain geometrik terlihat di sepanjang koridor ini. Ketiadaan median fisik permanen pada ruas Jalan Kalianak (STA 4+000 – STA 6+000) menjadi faktor kritis yang meningkatkan risiko tabrakan arah berlawanan, mengingat volume kendaraan berat sangat mendominasi ruas jalan selebar 16 meter ini. Selain itu, seluruh ruas jalan hanya dilengkapi dengan bahu jalan lunak berbahan tanah tanpa perkerasan, yang membatasi ruang bagi kendaraan darurat untuk menepi dengan aman di sisi jalan.

#### Data Kecelakaan 4 Tahun Terakhir (2022-2025)

Akumulasi total kecelakaan yang tercatat selama periode 4 tahun pengamatan di sepanjang ruas 6 km tersebut adalah sebanyak 270 kejadian. Data kecelakaan tahunan per segmen disajikan pada tabel 2

Tabel 2 Distribusi Frekuensi Kecelakaan Tahunan Berdasarkan Pembagian Segmen

| No. | Lokasi Segmen Pengamatan (STA)   | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | Akumulasi Segmen |
|-----|----------------------------------|------|------|------|------|------------------|
| 1   | Segmen 1 (STA 0+000 – STA 1+000) | 10   | 10   | 24   | 19   | 63               |
| 2   | Segmen 2 (STA 1+000 – STA 2+000) | 11   | 17   | 7    | 10   | 45               |
| 3   | Segmen 3 (STA 2+000 – STA 3+000) | 13   | 14   | 15   | 17   | 59               |
| 4   | Segmen 4 (STA 3+000 – STA 4+000) | 7    | 5    | 6    | 7    | 25               |
| 5   | Segmen 5 (STA 4+000 – STA 5+000) | 5    | 5    | 4    | 3    | 17               |
| 6   | Segmen 6 (STA 5+000 – STA 6+000) | 10   | 13   | 18   | 20   | 61               |

|                        |    |    |    |    |     |
|------------------------|----|----|----|----|-----|
| Total Kejadian Tahunan | 56 | 64 | 74 | 76 | 270 |
|------------------------|----|----|----|----|-----|

*Sumber: Hasil Penelitian, 2026*

Tingkat fatalitas kecelakaan pada koridor ini tergolong tinggi, dengan jumlah korban meninggal dunia (MD) mencapai 100 jiwa (29%), korban luka berat (LB) sebanyak 11 jiwa (3%), dan luka ringan (LR) sebanyak 237 jiwa (68%). Berdasarkan data klasifikasi faktor penyebab kecelakaan yang tertera pada tabel 3 mayoritas kecelakaan dipicu oleh faktor kesalahan manusia (human error).

Tabel 3 Distribusi Frekuensi Berdasarkan faktor Penyebab Utama

| No. | Klasifikasi Faktor Penyebab Kecelakaan | Akumulasi Kejadian | Persentase Kontribusi (%) |
|-----|----------------------------------------|--------------------|---------------------------|
| 1   | Kurang Konsentrasi Pengendara          | 70                 | 26%                       |
| 2   | Perpindahan Lajur                      | 66                 | 24%                       |
| 3   | Mendahului                             | 48                 | 18%                       |
| 4   | Menyeberang                            | 28                 | 10%                       |
| 5   | Melawan Arus Lalu Lintas               | 25                 | 9%                        |
| 6   | Kecepatan Berkendara Tinggi            | 15                 | 6%                        |
| 7   | Mengantuk / Kelelahan                  | 13                 | 5%                        |
| 8   | Pengaruh Alkohol (Mabuk)               | 5                  | 2%                        |
|     | Total Kejadian Kecelakaan              | 270                | 100%                      |

*Sumber: Hasil Penelitian, 2026*

Analisis terhadap jenis armada kendaraan yang terlibat dalam kecelakaan menunjukkan dominasi sepeda motor, disusul oleh armada angkutan barang bermuatan berat. Klasifikasi keterlibatan jenis kendaraan disajikan pada Tabel 4

Tabel 4 Klasifikasi Keterlibatan Jenis Kendaraan Dalam Kecelakaan

| No. | Jenis Armada Kendaraan                         | Frekuensi Keterlibatan (Unit) | Proporsi Keterlibatan (%) |
|-----|------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 1   | Sepeda Motor (Roda Dua)                        | 282                           | 53%                       |
| 2   | Truk Gandeng / Trailer                         | 106                           | 20%                       |
| 3   | Truk Standar / Tronton                         | 68                            | 13%                       |
| 4   | Kepala Truk ( <i>Truck Head / Tractor</i> )    | 40                            | 8%                        |
| 5   | Mobil Pribadi / Minibus                        | 26                            | 5%                        |
| 6   | Kendaraan Lain ( <i>Pick-up / Dump Truck</i> ) | 8                             | 1%                        |
|     | Total Kendaraan Terlibat                       | 530                           | 100%                      |

*Sumber: Hasil Penelitian, 2026*

Kombinasi sepeda motor (53%) dan armada angkutan berat (truck, trailer, dan head truck dengan total 41%) yang melintasi koridor logistik ini menciptakan ruang jalan dengan tingkat gesekan sosial-mekanis yang tinggi. Tingginya persentase kecelakaan akibat "Kurang Konsentrasi" (26%) dan "Pindah Lajur" (24%) menunjukkan adanya inkonsistensi pergerakan yang dipicu oleh perilaku berkendara defensif sepeda motor saat melintasi area di sekitar kendaraan berat. Kendaraan roda dua sering kali terpaksa bermanuver ekstrem untuk menghindari lubang perkerasan jalan atau menyalip di area titik buta (blind spot) truk kontainer, yang didukung pula oleh minimnya pemisahan ruang lajur yang tegas akibat marka jalan yang memudar.

### Identifikasi Black Spot Menggunakan Metode Cusum

Perhitungan statistik CUSUM diawali dengan menetapkan nilai rata-rata acuan wilayah ( $W$ ) menggunakan Persamaan 1, dengan total kecelakaan  $\sum [X_i] = 270$  kejadian, jumlah segmen  $L = 6$ , dan periode waktu  $T = 4$  tahun :

$$W = \frac{\sum X_i}{L \times T} = \frac{270}{6 \times 4} = 11,25$$

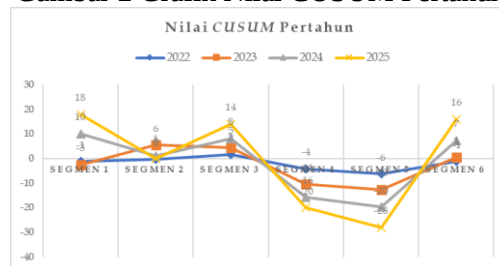
Dengan menggunakan nilai acuan  $W = 11,25$ , akumulasi deviasi CUSUM tahunan untuk setiap segmen dapat ditentukan secara berulang menggunakan Persamaan 2 dan Persamaan 3. Hasil perhitungan disajikan pada tabel 5

Tabel 5 Hasil Perhitungan Kumulatif Tahunan Metode CUSUM

| Titik Segmen                          | Frekuensi<br>2022 | Cusum<br>2022 | Frekuensi<br>2023 | Cusum<br>2023 | Frekuensi<br>2024 | Cusum<br>2024 | Frekuensi<br>2025 | Cusum<br>Akhir | Status<br>Klasifikasi |
|---------------------------------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|----------------|-----------------------|
| Segmen 1: STA<br>0+000 – STA<br>1+000 | 10                | -1,25         | 10                | -2,50         | 24                | 10,25         | 19                | 18,00          | Black Spot            |
| Segmen 2: STA<br>0+000 – STA<br>1+000 | 11                | -0,25         | 17                | 5,50          | 7                 | 1,25          | 10                | 0,00           | Black Spot            |
| Segmen 3: STA<br>0+000 – STA<br>1+000 | 13                | 1,75          | 14                | 4,50          | 15                | 8,25          | 17                | 14,00          | Black Spot            |
| Segmen 4: STA<br>0+000 – STA<br>1+000 | 7                 | -4,25         | 5                 | -10,50        | 6                 | -15,75        | 7                 | -20,00         | Aman                  |
| Segmen 5: STA<br>0+000 – STA<br>1+000 | 5                 | -6,25         | 5                 | -12,50        | 4                 | -19,75        | 3                 | -28,00         | Aman                  |
| Segmen 6: STA<br>0+000 – STA<br>1+000 | 10                | -1,25         | 13                | 0,50          | 18                | 7,25          | 20                | 16,00          | Black Spot            |

Sumber: Hasil Penelitian, 2026

Gambar 2 Grafik Nilai CUSUM Pertahun



Sumber: Hasil Penelitian, 2026

Berdasarkan nilai akumulasi akhir CUSUM pada Tabel 5 dan gambar 3, terdapat empat segmen jalan yang memiliki nilai akumulasi akhir positif ( $>0$ ), yaitu Segmen 1 (18,00), Segmen 6 (16,00), Segmen 3 (14,00), dan Segmen 2 (0,00). Keempat segmen ini teridentifikasi sebagai daerah rawan kecelakaan (black spot). Sementara itu, Segmen 4 (-20,00) dan Segmen 5 (-28,00) memiliki nilai akhir negatif, sehingga diklasifikasikan sebagai segmen tidak rawan kecelakaan karena akumulasi kejadiannya berada di bawah nilai rata-rata regional.

### Identifikasi Black Spot Menggunakan Metode Z-Score

Perhitungan nilai standardisasi Z-Score diawali dengan menghitung rata-rata akumulasi kecelakaan per segmen selama periode 4 tahun ( $\bar{x}$ ) menggunakan persamaan 4 :

$$\begin{aligned}\bar{X} &= \frac{\sum \bar{X}}{n} \\ &= \frac{270}{6} \\ &= 45\end{aligned}$$

Didapatkan nilai rata rata ( $\bar{x}$ ) sebesar 45

Selanjutnya, dihitung selisih kuadrat antara jumlah kecelakaan di setiap segmen dengan nilai rata-rata wilayah untuk memperoleh nilai standar deviasi (S) melalui persamaan 5. Total kuadrat deviasi adalah sebesar 1960.

$$\begin{aligned}S &= \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}} \\ &= \sqrt{\frac{1960}{6}} \\ &= 18,073\end{aligned}$$

Didapatkan nilai standar deviasi (S) sebesar 18,073

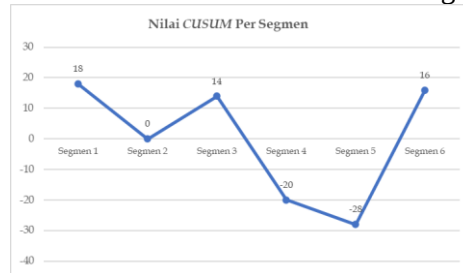
Dengan menggunakan nilai standar deviasi  $S = 18,073$ , indeks Z-Score untuk setiap segmen dihitung dengan persamaan 6. Hasil perhitungan disajikan pada tabel 6

Tabel 6 Lembar Kerja Penentuan Tingkat Kerawanan Berbasis Z-Score

| Titik                              | Akumulasi 4 Tahun ( $\bar{x}$ ) | Deviasi $X_i - \bar{X}$ | Kuadrat Deviasi | Indeks Z-Score | Tingkat Klasifikasi Kerawanan |
|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|-------------------------------|
| Segmen 1:<br>STA 0+000 – STA 1+000 | 63                              | 18                      | 324             | 0,99           | Rawan Sangat Tinggi (Kelas I) |
| Segmen 2:<br>STA 1+000 – STA 2+000 | 45                              | 0                       | 0               | 0,00           | Rawan (Batas Nilai Kritis)    |
| Segmen 3:<br>STA 2+000 – STA 3+000 | 59                              | 14                      | 196             | 0,77           | Rawan Sangat Tinggi (Kelas I) |
| Segmen 4:<br>STA 3+000 – STA 4+000 | 25                              | -20                     | 400             | -1,10          | Tidak Rawan Kecelakaan        |
| Segmen 5:<br>STA 4+000 – STA 5+000 | 17                              | -28                     | 784             | -1,54          | Tidak Rawan Kecelakaan        |
| Segmen 6:<br>STA 5+000 – STA 6+000 | 61                              | 16                      | 256             | 0,88           | Rawan Sangat Tinggi (Kelas I) |

Sumber: Hasil Penelitian, 2026

Gambar 3 Grafik Nilai CUSUM Per Segmen



Sumber: Hasil Penelitian, 2026

### Perbandingan Metode CUSUM Dan Z-Score

Hasil perbandingan antara metode CUSUM dan metode Z-Score menunjukkan tingkat konsistensi klasifikasi spasial yang sama dalam memetakan daerah rawan kecelakaan di sepanjang koridor penelitian. Rekapitulasi perbandingan nilai disajikan pada tabel 7

Tabel 7 Rekapitulasi Perbandingan Hasil CUSUM dan Z-Score

| Segmen Pengamatan | Batas Stasioning (STA) | Nilai Akhir CUSUM | Klasifikasi CUSUM      | Indeks Z-Score | Klasifikasi Z-Score    |
|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|----------------|------------------------|
| Segmen 1          | STA 0+000 – STA 1+000  | 18,00             | Rawan Kecelakaan       | 0,99           | Rawan Sangat Tinggi    |
| Segmen 2          | STA 1+000 – STA 2+000  | 0,00              | Rawan Kecelakaan       | 0,00           | Rawan Kecelakaan       |
| Segmen 3          | STA 2+000 – STA 3+000  | 14,00             | Rawan Kecelakaan       | 0,77           | Rawan Sangat Tinggi    |
| Segmen 4          | STA 3+000 – STA 4+000  | -20,00            | Tidak Rawan Kecelakaan | -1,10          | Tidak Rawan Kecelakaan |
| Segmen 5          | STA 4+000 – STA 5+000  | -28,00            | Tidak Rawan Kecelakaan | -1,54          | Tidak Rawan Kecelakaan |
| Segmen 6          | STA 5+000 – STA 6+000  | 16,00             | Rawan Kecelakaan       | 0,88           | Rawan Sangat Tinggi    |

Analisis spasial pada Tabel 7 menunjukkan bahwa Segmen 1 (STA 0+000 – STA 1+000) merupakan wilayah paling rawan di sepanjang koridor, dengan nilai CUSUM tertinggi (18,00) dan indeks Z-Score terbesar (0,99). Segmen 6 (STA 5+000 – STA 6+000) menempati urutan kerawanan kedua dengan nilai CUSUM sebesar 16,00 dan Z-Score sebesar 0,88, disusul oleh Segmen 3 (CUSUM = 14,00; Z = 0,77), dan Segmen 2 (CUSUM = 0,00; Z = 0,00). Konsistensi klasifikasi spasial dari kedua metode ini memberikan konfirmasi statistik yang kuat dalam memprioritaskan penanganan pada segmen-segmen rawan tersebut.

Karakteristik operasional kedua metode statistik ini menunjukkan keunggulan yang saling melengkapi. Metode CUSUM sensitif dalam mendeteksi perubahan tren frekuensi kecelakaan dari tahun ke tahun. Hal ini terlihat jelas pada Segmen 1, di mana nilai kumulatifnya sempat berada di zona negatif pada tahun 2022 (-1,25) dan 2023 (-2,50), namun melonjak secara signifikan pada tahun 2024 menjadi 10,25 karena lonjakan drastis dari 10 kejadian menjadi 24 kejadian dalam satu tahun. Peningkatan tajam ini mengindikasikan adanya perubahan kondisi fisik jalan atau lingkungan jalan yang perlu

segera ditangani. Di sisi lain, metode Z-Score mengukur deviasi spasial akumulasi total kecelakaan terhadap nilai rata-rata wilayah, sehingga mempermudah pemangku kebijakan dalam mengelompokkan tingkat kerawanan berdasarkan skala prioritas penanganan (Kelas I, II, dan III).

#### Evaluasi Teknis Kelaikan Bangunan Pelengkap Jalan

Untuk menganalisis korelasi antara hasil analisis statistik rawan kecelakaan dengan kondisi fisik infrastruktur di lapangan, dilakukan inspeksi teknis visual dan pencatatan koordinat GPS pada segmen-segmen black spot. Temuan kondisi eksisting bangunan pelengkap keselamatan jalan dan usulan perbaikan disajikan secara rinci pada tabel 8

Tabel 8 Hasil Analisis Visual dan Rekomendasi Perbaikan Infrastruktur Keselamatan

| No. | Segmen / Lokasi Masalah (STA) | Titik Koordinat GPS            | Kondisi Fisik Fasilitas Eksisting                                       | Usulan Rekomendasi Solusi Teknis                                |
|-----|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1   | Segmen 1 / STA 0+800          | 7°13'30.46"S<br>112°39'52.48"E | Rambu peringatan rawan kecelakaan dalam posisi miring                   | Pelurusan tiang rambu dan perkuatan struktur fondasi bawah      |
| 2   | Segmen 1 / STA 0+555          | 7°13'26.55"S<br>112°39'45.59"E | Lampu <i>warning light</i> dan rambu jalan bergelombang terhalang pohon | Pemangkasan dahan pohon pelindung di sekitar area rambu         |
| 3   | Segmen 1 / STA 0+709          | 7°13'28.93"S<br>112°39'50.26"E | Marka garis pembatas lajur memudar ekstrem                              | Pengecatan ulang marka menggunakan bahan termoplastik           |
| 4   | Segmen 1 / STA 0+050          | 7°13'19.01"S<br>112°39'31.06"E | Struktur fisik median jalan dalam kondisi baik                          | Pemeliharaan rutin kebersihan dan pemangkasan tanaman median    |
| 5   | Segmen 1 / STA 0+000          | 7°13'17.96"S<br>112°39'29.72"E | Belum tersedia lampu isyarat peringatan ( <i>warning light</i> )        | Pemasangan unit <i>warning light</i> solar panel baru (2 aspek) |
| 6   | Segmen 1 / STA 0+230          | 7°13'20.75"S<br>112°39'36.69"E | Belum tersedia rambu peringatan daerah rawan kecelakaan                 | Pemasangan unit rambu peringatan daerah rawan kecelakaan        |
| 7   | Segmen 1 / STA 0+380          | 7°13'23.38"S<br>112°39'40.99"E | Kerusakan aspal berlubang dan kegagalan tambalan                        | Perbaikan lapis permukaan aspal ( <i>pavement patch</i> )       |
| 8   | Segmen 1 / STA 0+070          | 7°13'19.27"S<br>112°39'31.68"E | Lampu penerangan jalan umum (APJ) padam saat malam                      | Penggantian komponen lampu APJ yang rusak secara berkala        |
| 9   | Segmen 2 / STA 1+262          | 7°13'38.00"S<br>112°40'05.65"E | Rambu peringatan penyeberangan pejalan kaki miring                      | Pelurusan tiang rambu penyeberangan pejalan kaki                |
| 10  | Segmen 2 / STA 1+325          | 7°13'38.69"S<br>112°40'07.54"E | Marka jalan terkelupas akibat beban ban kendaraan berat                 | Aplikasi marka marka termoplastik daya tahan tinggi             |

|    |                      |                                |                                                                      |                                                                 |
|----|----------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 11 | Segmen 2 / STA 1+250 | 7°13'35.73"S<br>112°40'02.76"E | Unit APILL persimpangan padam total                                  | Penggantian kontroler elektronik dan lampu aspek LED            |
| 12 | Segmen 2 / STA 1+992 | 7°13'46.19"S<br>112°40'27.75"E | Belum terpasang rambu peringatan daerah rawan kecelakaan             | Pemasangan rambu peringatan daerah rawan kecelakaan             |
| 13 | Segmen 2 / STA 1+155 | 7°13'36.41"S<br>112°40'02.75"E | Retak buaya menjalar luas di lajur kiri perkerasan                   | Penambalan dalam ( <i>patching deep</i> ) untuk struktur aspal  |
| 14 | Segmen 2 / STA 1+535 | 7°13'42.15"S<br>112°40'13.55"E | Alat penerangan jalan (APJ) tidak berfungsi                          | Perbaikan fisik tiang dan penyambungan ulang kabel daya         |
| 15 | Segmen 3 / STA 2+667 | 7°13'46.45"S<br>112°40'50.29"E | Rambu petunjuk jalan dan rambu rawan tertutup dahan                  | Pemotongan cabang pohon yang menghalangi garis pandang          |
| 16 | Segmen 3 / STA 2+994 | 7°13'46.62"S<br>112°41'00.73"E | Rambu petunjuk rute tertutup tiang beton utilitas                    | Relokasi fisik tiang rambu bergeser minimal 1,5 meter           |
| 17 | Segmen 3 / STA 2+767 | 7°13'46.41"S<br>112°40'53.27"E | Rambu peringatan daerah rawan kecelakaan tertutup pohon              | Pemangkasan dahan pohon di sekitar penempatan rambu             |
| 18 | Segmen 3 / STA 2+602 | 7°13'46.13"S<br>112°40'47.88"E | Marka garis pembatas lajur terkelupas total                          | Pengecatan ulang garis lajur putus-putus                        |
| 19 | Segmen 3 / STA 2+105 | 7°13'47.07"S<br>112°40'31.74"E | Belum tersedia <i>warning light</i> di akses keluar gerbang industri | Pemasangan unit <i>warning light</i> kuning intermiten 2 aspek  |
| 20 | Segmen 3 / STA 2+817 | 7°13'46.36"S<br>112°40'54.82"E | Belum tersedia rambu peringatan rawan kecelakaan                     | Pemasangan unit rambu peringatan rawan kecelakaan               |
| 21 | Segmen 3 / STA 2+445 | 7°13'46.63"S<br>112°40'42.76"E | Retak halus aspal menjalar di sepanjang lajur kiri                   | Pelapisan tipis aspal pasir ( <i>slurry seal</i> ) pencegah air |
| 22 | Segmen 3 / STA 2+320 | 7°13'47.00"S<br>112°40'38.79"E | Lampu jalan (APJ) mati, berisiko tinggi saat malam hari              | Penggantian unit lampu APJ yang rusak secara berkala            |

|    |                      |                                |                                                               |                                                                   |
|----|----------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 23 | Segmen 4 / STA 3+405 | 7°13'46.43"S<br>112°41'14.16"E | Rambu petunjuk rute terhalang ranting rimbun                  | Pemangkasan vegetasi dahan pohon secara periodik                  |
| 24 | Segmen 4 / STA 3+564 | 7°13'45.52"S<br>112°41'19.10"E | Tiang rambu peringatan daerah rawan kecelakaan miring         | Pemadatan tanah fondasi dan penegakan ulang tiang                 |
| 25 | Segmen 4 / STA 3+105 | 7°13'47.00"S<br>112°40'29.63"E | Marka jalan memudar ekstrem                                   | Pengecatan ulang marka menggunakan bahan termoplastik             |
| 26 | Segmen 4 / STA 3+165 | 7°13'46.28"S<br>112°41'06.37"E | Tiang unit APILL terhalang oleh pohon rindang                 | Pemotongan dahan pohon yang menghalangi lampu isyarat             |
| 27 | Segmen 4 / STA 3+863 | 7°13'23.38"S<br>112°39'40.99"E | Kerusakan aspal berlubang dan retak halus menjalar            | Penambalan segera ( <i>patching</i> ) guna menghindari kecelakaan |
| 28 | Segmen 4 / STA 3+064 | 7°13'46.53"S<br>112°41'03.07"E | Bohlam lampu penerangan jalan umum terputus                   | Penggantian komponen bohlam lampu APJ                             |
| 29 | Segmen 5 / STA 4+381 | 7°13'46.32"S<br>112°41'45.96"E | Rambu larangan berhenti tertutup tiang beton PLN              | Menggeser posisi penempatan tiang rambu agar terlihat             |
| 30 | Segmen 5 / STA 4+705 | 7°13'46.53"S<br>112°41'56.52"E | Rambu peringatan rawan kecelakaan miring                      | Pemadatan tanah fondasi dan penegakan ulang tiang                 |
| 31 | Segmen 5 / STA 4+600 | 7°13'46.34"S<br>112°41'53.18"E | Rambu larangan berhenti miring ke sisi jalan                  | Penggantian tiang rambu baru dan penguatan fondasi                |
| 32 | Segmen 5 / STA 4+181 | 7°13'45.76"S<br>112°41'39.45"E | Marka jalan tidak terlihat akibat tumpukan debu               | Pembersihan jalan dan pengecatan ulang marka lajur                |
| 33 | Segmen 5 / STA 4+767 | 7°13'46.40"S<br>112°41'58.50"E | Lampu <i>warning light</i> tidak berfungsi                    | Perbaikan unit modul elektronik baterai surya                     |
| 34 | Segmen 5 / STA 4+495 | 7°13'45.89"S<br>112°41'49.44"E | Belum dipasang <i>warning light</i> di akses keluar pemukiman | Pemasangan unit <i>warning light</i> kuning 2 aspek               |
| 35 | Segmen 5 / STA 4+350 | 7°13'45.67"S<br>112°41'44.81"E | Permukaan aspal retak halus menjalar luas                     | Pelapisan aspal baru untuk menutup pori retakan                   |

|    |                      |                                |                                                                  |                                                                 |
|----|----------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 36 | Segmen 6 / STA 5+690 | 7°13'46.85"S<br>112°42'28.59"E | Rambu rawan kecelakaan tertutup pohon dan tiang utilitas         | Pemindahan tiang rambu ke area terbuka bebas halangan           |
| 37 | Segmen 6 / STA 5+183 | 7°13'46.28"S<br>112°42'12.04"E | Rambu larangan berhenti miring dan tertutup tiang PLN            | Reposisi tiang rambu agar terlihat dari jarak pandang aman      |
| 38 | Segmen 6 / STA 5+096 | 7°13'46.13"S<br>112°42'09.27"E | Marka garis lajur memudar ekstrem                                | Pengecatan ulang marka jalan nasional secara menyeluruh         |
| 39 | Segmen 6 / STA 5+057 | 7°13'46.23"S<br>112°42'07.98"E | Belum dipasang lampu isyarat peringatan ( <i>warning light</i> ) | Pengadaan dan instalasi <i>warning light</i> kuning solar panel |
| 40 | Segmen 6 / STA 5+417 | 7°13'46.03"S<br>112°42'19.72"E | Belum dipasang rambu peringatan daerah rawan kecelakaan          | Penambahan unit rambu peringatan daerah rawan kecelakaan        |
| 41 | Segmen 6 / STA 5+580 | 7°13'46.20"S<br>112°42'24.96"E | Belum dipasang rambu peringatan batas kecepatan                  | Penambahan rambu peringatan batas kecepatan maksimal 40 km      |
| 42 | Segmen 6 / STA 5+610 | 7°13'46.30"S<br>112°42'26.07"E | Permukaan jalan bergelombang ekstrem                             | Perataan permukaan melalui metode <i>cold milling</i>           |

Sumber: Hasil Penelitian, 2026

### Analisis Kausal Kegagalan Fungsi Bangunan Pelengkap Terhadap Fatalitas Kecelakaan

Temuan audit fisik pada Tabel 8 mengonfirmasi adanya hubungan sebab-akibat langsung antara kegagalan prasarana keselamatan jalan dengan tingginya probabilitas fatalitas kecelakaan lalu lintas. Marka jalan yang memudar ekstrem di sepanjang Segmen 1 (STA 0+709), Segmen 3 (STA 2+602), dan Segmen 6 (STA 5+096) secara langsung membatasi kemampuan pengemudi untuk mengidentifikasi pembagian lajur secara presisi pada malam hari. Ketiadaan panduan visual yang jelas ini menjelaskan mengapa 24% kecelakaan di koridor ini dipicu oleh kesalahan saat "Pindah Lajur". Tanpa batas lajur yang tegas, pengemudi cenderung melintasi garis tengah imajiner, sehingga meningkatkan risiko senggolan samping (*sideswipe*) dengan kendaraan berat yang berjalan sejajar.

Disorientasi visual ini diperparah oleh kegagalan sistem pemberian informasi peringatan kepada pengguna jalan. Keberadaan rambu keselamatan yang miring, miring ke sisi luar jalan, atau terhalang secara fisik oleh dahan pohon pelindung dan tiang beton utilitas listrik (seperti pada Segmen 1 STA 0+555, Segmen 3 STA 2+994, dan Segmen 6 STA 5+690) mengganggu proses persepsi pengemudi. Sesuai teori waktu reaksi pengemudi (*perception-reaction time*), seorang operator kendaraan membutuhkan minimal 2,5 detik untuk memproses isyarat jalan dan melakukan tindakan pengereman. Ketika akses visual

terhadap rambu penunjuk rute atau peringatan daerah rawan terhalang, pengemudi kehilangan waktu reaksi penting tersebut.

Aspek kegagalan kritis lainnya adalah padamnya lampu isyarat peringatan (warning light) dan tidak tersedianya unit lampu intermiten ini pada area rawan konflik (seperti di STA 0+000, STA 2+105, dan STA 5+057). Pintu keluar masuk gerbang industri dan persimpangan tanpa lampu peringatan yang memadai menciptakan titik konflik baru. Pengemudi truk trailer bermuatan berat, yang membutuhkan jarak pengereman lebih panjang, tidak mendapatkan peringatan dini untuk mengurangi kecepatan. Ketika kendaraan roda dua di depannya melakukan pengereman mendadak untuk menghindari aspal berlubang (seperti di STA 3+863) atau saat bermanuver menyalip, tabrakan beruntun (rear-end collision) dengan tingkat fatalitas tinggi tidak dapat dihindarkan.

Faktor pencahayaan jalan umum yang minim akibat matinya unit penerangan (seperti di Segmen 1 STA 0+070, Segmen 2 STA 1+535, dan Segmen 3 STA 2+320) meningkatkan risiko kecelakaan saat malam hari. Kondisi jalan yang gelap menyulitkan pengendara sepeda motor untuk melihat kondisi perkerasan yang mengalami retak halus dan lubang. Saat pengendara berusaha menghindari lubang secara mendadak pada kondisi gelap, stabilitas kendaraan roda dua terganggu, yang dapat memicu kecelakaan tunggal atau membuat pengendara terjatuh di jalur lintasan kendaraan berat di belakangnya.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kuantitatif komparatif dan inspeksi teknis langsung di lapangan pada koridor Jalan Tambak Osowilangun – Gresik – Kalianak, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Karakteristik kecelakaan lalu lintas selama periode tahun 2022–2025 tercatat sebanyak 270 kejadian dengan tingkat fatalitas yang tinggi, ditunjukkan oleh angka kematian sebanyak 100 jiwa (29% dari total korban). Dominasi kendaraan yang terlibat adalah sepeda motor (53%) berbenturan dengan kendaraan berat jenis truk dan trailer (akumulasi sebesar 41%). Faktor kesalahan manusia (human error) berupa kurangnya konsentrasi pengemudi (26%) serta perpindahan lajur secara sembarangan (24%) menjadi pemicu utama kecelakaan.
- 2) Analisis spasial menggunakan metode CUSUM dan metode Z-Score menghasilkan pemetaan daerah rawan kecelakaan (black spot) yang konsisten. Kedua metode mengidentifikasi Segmen 1 (STA 0+000 – STA 1+000) pada ruas Jalan Tambak Osowilangun sebagai black spot paling kritis dengan nilai CUSUM sebesar 18,00 dan indeks Z-Score sebesar 0,99 (Kelas I / Rawan Sangat Tinggi). Segmen rawan berikutnya adalah Segmen 6 (CUSUM = 16,00; Z = 0,88), diikuti Segmen 3 (CUSUM = 14,00; Z = 0,77), dan Segmen 2 (CUSUM = 0,00; Z = 0,00). Sementara itu, Segmen 4 dan Segmen 5 teridentifikasi sebagai segmen aman dengan akumulasi kecelakaan di bawah rata-rata.
- 3) Audit kondisi fisik keselamatan jalan membuktikan bahwa kegagalan fungsional bangunan pelengkap jalan berkontribusi terhadap tingginya angka kecelakaan. Permasalahan sistemik yang ditemukan di sepanjang segmen black spot meliputi marka jalan yang telah memudar, terhalang dahan pohon rindang dan tiang utilitas beton PLN, kemiringan tiang rambu peringatan, kerusakan kelistrikan unit lampu peringatan (warning light), padamnya lampu penerangan jalan umum, serta kerusakan permukaan aspal berupa retak halus dan gelombang perkerasan.

## Saran

Guna menekan angka fatalitas kecelakaan secara signifikan pada koridor arteri logistik ini, dirumuskan beberapa rekomendasi teknis dan kebijakan yang ditujukan kepada instansi berwenang :

- 1) Dinas Perhubungan (Dishub): Disarankan untuk segera melakukan perbaikan menyeluruh terhadap bangunan pelengkap jalan. Prioritas utama diarahkan pada pengecatan ulang marka pembatas lajur dan marka tepi jalan menggunakan bahan cat termoplastik reflektif berkualitas tinggi guna menjamin keterbacaan marka pada malam hari. Selain itu, perlu dilakukan relokasi terhadap tiang-tiang rambu yang terhalang tiang beton utilitas listrik, pemangkasan dahan pohon pelindung jalan secara berkala yang menutupi rambu/APILL, perbaikan unit kelistrikan lampu peringatan (warning light) yang padam, serta penambahan unit warning light kuning intermiten 2 aspek pada setiap akses gerbang industri dan persimpangan rawan konflik.
- 2) Dinas Pekerjaan Umum / Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional (BBPJN): Disarankan untuk melakukan rehabilitasi perkerasan jalan pada titik-titik kerusakan aspal yang mengalami retak halus, berlubang, dan gelombang ekstrem melalui metode perataan permukaan (cold milling) diikuti pelapisan aspal baru (pavement overlay) standar untuk menjamin kestabilan kendaraan, khususnya roda dua. Secara jangka panjang, perlu direncanakan pembangunan median jalan fisik berupa pemisah beton permanen di sepanjang ruas Jalan Kalianak untuk meniadakan potensi tabrakan langsung arah berlawanan.
- 3) Aparat Kepolisian Sektor / Satlantas Polrestabes: Disarankan untuk mengoptimalkan pengawasan lalu lintas dan penegakan hukum secara berkala di sepanjang segmen black spot, khususnya penertiban terhadap perilaku melawan arus, pelanggaran batas kecepatan, serta parkir liar truk kontainer di sepanjang bahu jalan tanah. Implementasi sistem pengawasan kamera tilang elektronik (ETLE) di lokasi strategis sangat direkomendasikan untuk meningkatkan kedisiplinan mengemudi. Selain itu, disarankan untuk memperluas edukasi keselamatan berkendara (safety riding) yang menyasar para pekerja komuter roda dua dan pengemudi armada angkutan barang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al Qubro, K., Fauzi, M., & Christine, A. (2022). Penentuan Titik Rawan Kecelakaan (Black Spot) Pada Ruas Jalan Nasional Palembang–Indralaya. *Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil*, 7(3), 151-158.
- Austroads. (1992). *Perencanaan lalu lintas dan transportasi*. ITB.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2022). *Standar geometri jalan perkotaan*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. (2017). *Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Darat tentang pedoman teknis rambu lalu lintas*. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- Jarasuci, K. (2022). Analisa Blacksites Dan Blackspot Pada Ruas Jalan Kapten Soedjono, Jembatan Achmad Amin, Dan Jalan Trikora Kota Samarinda. *Jurnal Inersia*, 14(2), 1-8.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2023). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2023 tentang persyaratan teknis jalan dan perencanaan teknis jalan*.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 13*

- Tahun 2014 tentang rambu lalu lintas.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2018). Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 67 Tahun 2018 tentang perubahan atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 34 Tahun 2014 tentang marka jalan.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2021). Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 14 Tahun 2021 tentang perubahan atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 82 Tahun 2018 tentang alat pengendali dan pengaman pengguna jalan.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2023). Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 47 Tahun 2023 tentang alat penerangan jalan.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2023). Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 48 Tahun 2023 tentang alat pengendali dan pengaman pengguna jalan.
- Kepolisian Negara Republik Indonesia. (2016). Keputusan Kepala Korps Lalu Lintas Polri Nomor 43 Tahun 2016.
- Prabowo, R., & Putri, M. R. (2025). Analisis blackspot pada jalan provinsi dengan metode Z-score dan cumulative summary (Studi kasus pada Jalan Semarang–Grobogan, Bandungr ejo, Kecamatan Mranggen, Kabupaten Demak) (Skripsi). Universitas Semarang.
- Republik Indonesia. (2004). Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan.
- Republik Indonesia. (2009). Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan.
- Safitri, E., Putra, K. H., & Agusdini, T. M. C. (2023). ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS IN THE WEST SURABAYA REGION (CASE STUDY: KALIANAK ROAD TO ROMOKALISARI HIGHWAY). *Journal Innovation of Civil Engineering (JICE)*, 4(2), 211-223.
- Sekretariat Negara Republik Indonesia. (2006). Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang jalan.
- Sekretariat Negara Republik Indonesia. (2013). Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2013 tentang jaringan lalu lintas dan angkutan jalan.
- Seto, G. R. T., Anjarwati, S., & Sari, C. A. N. (2024). Analisis Karakteristik Kecelakaan Lalu Lintas Di Sepanjang Jalan Jenderal Gatot Subroto-Wanareja, Cilacap. *CIVeng: Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(2), 111-118.
- World Health Organization. (2018). Global status report on road safety 2018. World Health Organization.
- YUDHA GUSTIANO ALDI, Y. U. D. H. A. (2022). PENINGKATAN KESELAMATAN PADA RUAS JALAN NGAGEL DI KOTA SURABAYA (Doctoral dissertation, POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA\_STTD).