



ANALISIS TITIK RAWAN KECELAKAAN (BLACK SPOT) PADA RUAS JALAN BYPASS (SIMPANG SURAU GADANG-SIMPANG TAMAN) KOTA BUKITTINGGI MENGGUNAKAN METODE AEK, UCL, DAN CUSUM

Nurul Salsabila¹, Ana Susanti Yusman², Gusmulyani³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, Bukittinggi

Email : nurulsalsabila756@gmail.com

ABSTRAK

Ruas Jalan Bypass Simpang Surau Gadang-Simpang Taman Kota Bukittinggi sepanjang 1,703 km merupakan jalur arteri dengan mobilitas kendaraan tinggi yang berpotensi menimbulkan risiko kecelakaan lalu lintas. Penelitian kuantitatif ini bertujuan mengidentifikasi titik rawan kecelakaan (*black spot*) dengan memadukan data resmi kepolisian dan data pengalaman pengguna jalan hasil wawancara/verifikasi lapangan. Data sekunder berupa 13 kejadian kecelakaan Satlantas Polres Bukittinggi periode 2022-2025 digunakan sebagai dasar perhitungan, sedangkan 10 kejadian hasil wawancara menjadi data penunjang. Ruas tinjauan dibagi menjadi empat segmen (± 500 m) dan dianalisis bertahap dengan metode Angka Ekuivalen Kecelakaan (AEK), *Upper Control Limit* (UCL), dan *Cumulative Sum* (CUSUM). Hasilnya, Segmen 1 (STA 0+000-0+500; AEK = 33) dan Segmen 3 (STA 1+000-1+500; AEK = 39) melampaui UCL sebesar 24,66 sehingga ditetapkan sebagai *black spot*. Hasil ini konsisten dengan CUSUM yang bernilai positif pada kedua segmen ($C_i = 14,25$ dan $18,75$). Kedua segmen bertepatan dengan defisiensi geometrik dan perkerasan: tidak adanya bahu jalan, marka pudar, lubang, permukaan bergelombang, dan median rusak. Data penunjang juga mengungkap simpang tiga STA 1+703 tanpa Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) sebagai titik kritis tambahan. Rekomendasi meliputi perbaikan marka, pembuatan bahu jalan, penambalan dan rekonstruksi perkerasan, perbaikan median, serta pemasangan APILL.

Kata kunci: *black spot*, kecelakaan lalu lintas, Angka Ekuivalen Kecelakaan (AEK), *Upper Control Limit* (UCL), *Cumulative Sum* (CUSUM), geometrik jalan

ABSTRAC

The Bypass road segment from Simpang Surau Gadang to Simpang Taman in Bukittinggi City, 1.703 km long, is an arterial route with high traffic mobility and a considerable risk of traffic accidents. This quantitative study identifies accident-prone locations (*black spots*) by combining official police data with road users' experiences obtained through interviews and field verification. Thirteen secondary accident records from the Bukittinggi Police Traffic Unit (2022-2025) form the basis of calculation, supported by ten interview-based records. The road was divided into four segments of approximately 500 m and analyzed in stages using the Accident Equivalent Number (AEK), *Upper Control Limit* (UCL), and *Cumulative Sum* (CUSUM) methods. Segment 1 (STA 0+000-0+500; AEK = 33) and Segment 3 (STA 1+000-1+500; AEK = 39) exceed the UCL of 24.66 and are identified as *black spots*. This is consistent with CUSUM, which is positive for both segments ($C_i = 14.25$ and 18.75). Both segments coincide with geometric and pavement deficiencies: absent road shoulders, faded markings, potholes, uneven

Article History

Received: Oktober 2026

Reviewed: Oktober 2026

Published: Oktober 2026

Plagiarism Checker

No 237.u873247.fh8374

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



surfaces, and a damaged median. Supporting data also reveal the three-leg intersection at STA 1+703, which has no traffic signals (APILL), as an additional critical point. Recommended treatments include repainting road markings, constructing shoulders, patching and reconstructing pavement, repairing the median, and installing traffic signals.

Keywords: *black spot, traffic accidents, Accident Equivalent Number (AEK), Upper Control Limit (UCL), Cumulative Sum (CUSUM), road geometry*

1. PENDAHULUAN

Kota Bukittinggi merupakan salah satu pusat kegiatan ekonomi dan pariwisata di Sumatera Barat sehingga mobilitas kendaraan di dalam kota tergolong tinggi. Salah satu jalur yang menopang pergerakan tersebut adalah ruas Jalan Bypass dari Simpang Surau Gadang hingga Simpang Taman Ujung Bypass. Ruas ini relatif lurus dengan perkerasan yang cukup lebar, tetapi sejumlah simpangannya memiliki jarak pandang terbatas dan perlengkapan jalan seperti rambu dan marka belum memadai, padahal volume kendaraan pada jam sibuk tinggi. Data Satlantas Polres Bukittinggi memperlihatkan kecelakaan yang berulang pada ruas ini, umumnya melibatkan sepeda motor dan mobil.

Kecelakaan lalu lintas adalah peristiwa di jalan yang tidak diduga dan tidak disengaja, yang dipengaruhi interaksi manusia, kendaraan, dan infrastruktur jalan (Republik Indonesia, 2009). Lokasi dengan frekuensi dan keparahan kecelakaan yang menyimpang dari kewajaran disebut titik rawan kecelakaan (*black spot*) dan perlu ditangani lebih dahulu (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2012). Persoalannya, catatan kepolisian hanya memuat kejadian yang dilaporkan, sedangkan insiden kecil, terutama kecelakaan tunggal, sering luput, padahal setiap kejadian sekecil apa pun menandakan potensi bahaya pada sistem transportasi (Hobbs, 1995). Penelitian ini karenanya memadukan data resmi sebagai dasar perhitungan dengan data wawancara sebagai data penunjang, dan memusatkan kajian pada faktor geometrik jalan karena sifatnya permanen dan dapat direkayasa ulang melalui intervensi teknis.

Tujuan penelitian ini adalah (1) menentukan *black spot* dengan metode AEK dan UCL; (2) menguji konsistensi hasilnya dengan metode CUSUM; (3) menganalisis hubungan lokasi *black spot* dengan kondisi geometrik jalan; dan (4) menyusun rekomendasi penanganan teknis yang efektif. Penelitian dibatasi pada ruas sepanjang 1,703 km (STA 0+000-1+703) dan tidak membahas aspek psikologis pengemudi secara mendalam.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kecelakaan Lalu Lintas dan Faktor Penyebabnya

Kecelakaan terjadi akibat kesalahan pada sistem pembentuk lalu lintas, yaitu pengemudi, kendaraan, jalan, dan lingkungan (Homburger, 1978; Pignataro, 1973). Faktor jalan dan lingkungan yang bersifat permanen meliputi geometrik jalan, kondisi perkerasan, marka, delineasi dan rambu, tata letak persimpangan, gangguan samping, serta hierarki jalan (BPSDM Kementerian PUPR, 2016). Faktor-faktor inilah yang dapat dikendalikan melalui perencanaan dan pemeliharaan infrastruktur.

2.2 Titik Rawan Kecelakaan (Black Spot)

Black spot adalah lokasi atau segmen jalan dengan tingkat kecelakaan yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan lokasi lain sehingga memerlukan evaluasi dan penanganan khusus (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2012; AASHTO, 2010; PIARC, 2019). Penentuannya tidak cukup berdasarkan jumlah kejadian, tetapi juga tingkat keparahan korban dan konsistensi kejadian pada segmen tertentu. Pada praktiknya ruas jalan dibagi menjadi segmen

pengamatan, misalnya per 500 m, lalu angka kecelakaan tiap segmen dibandingkan dengan batas tertentu.

2.3 Angka Ekuivalen Kecelakaan (AEK)

AEK memberi bobot pada setiap kejadian menurut tingkat keparahan korbannya (Departemen Perhubungan dan Prasarana Wilayah, 2004). Nilai AEK dihitung dengan Persamaan (1) dan bobotnya disajikan pada Tabel 1.

$$AEK = 12 MD + 3 (LB + LR) + K \quad (1)$$

dengan MD = jumlah korban meninggal dunia, LB = korban luka berat, LR = korban luka ringan, dan K = jumlah kejadian dengan kerugian material saja.

Tabel 1. Pembobotan dalam Angka Ekuivalen Kecelakaan

Kelas kecelakaan	Keterangan	Bobot
Meninggal dunia (MD)	Kecelakaan fatal	12
Luka berat (LB)	Kecelakaan dengan luka berat	3
Luka ringan (LR)	Kecelakaan dengan luka ringan	3
Kerugian materi (K)	Hanya mengalami kerugian materi	1

Sumber: Departemen Perhubungan dan Prasarana Wilayah (2004), Pd T-09-2004-B.

2.4 Upper Control Limit (UCL)

UCL adalah batas kendali atas pada peta kendali mutu statistik. Segmen dengan nilai AEK di atas UCL dinyatakan menyimpang dari kewajaran dan ditetapkan sebagai lokasi rawan (Maudyna & Bayu, 2023). UCL dihitung dengan Persamaan (2), dengan λ = rata-rata AEK seluruh segmen, ψ = 2,576 (tingkat kepercayaan 99%), dan m = jumlah segmen pengamatan.

$$UCL = \lambda + \psi \sqrt{(\lambda/m) + 0,829/m + 1/(2m)} \quad (2)$$

2.5 Cumulative Sum (CUSUM)

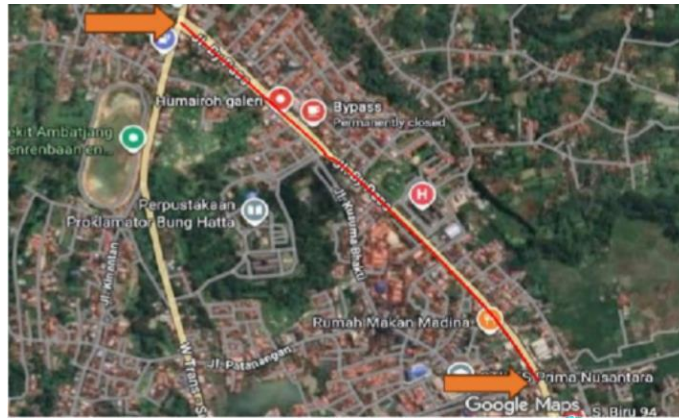
CUSUM semula merupakan alat pengendalian mutu statistik untuk mendeteksi pergeseran nilai rata-rata proses (Montgomery, 2009). Dalam keselamatan jalan, CUSUM dipakai untuk memvalidasi hasil AEK-UCL dengan mengakumulasi selisih AEK tiap segmen terhadap rata-rata seluruh segmen (Wahyudi, 2021), sesuai Persamaan (3). Segmen dengan $C_i > 0$ menunjukkan akumulasi kecelakaan di atas rata-rata dan dikategorikan *black spot*, sedangkan $C_i \leq 0$ dikategorikan normal.

$$C_i = C_{i-1} + (X_i - \bar{X}) \quad (3)$$

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Jenis Penelitian

Penelitian kuantitatif ini dilakukan pada ruas Jalan Bypass Simpang Surau Gadang-Simpang Taman Kota Bukittinggi sepanjang 1,703 km (Gambar 1). Posisi lokasi dinyatakan dengan stasioning (STA): STA 0+000 berada di Simpang Surau Gadang dan STA 1+703 di Simpang Taman Ujung Bypass. Ruas ini berfungsi sebagai jalan arteri sekunder berstatus jalan kota (Republik Indonesia, 2004), bertipe 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2 UD) pada STA 0+000-1+147 dan terbagi median (2/2 D) pada STA 1+147-1+703, dengan perkerasan lentur.



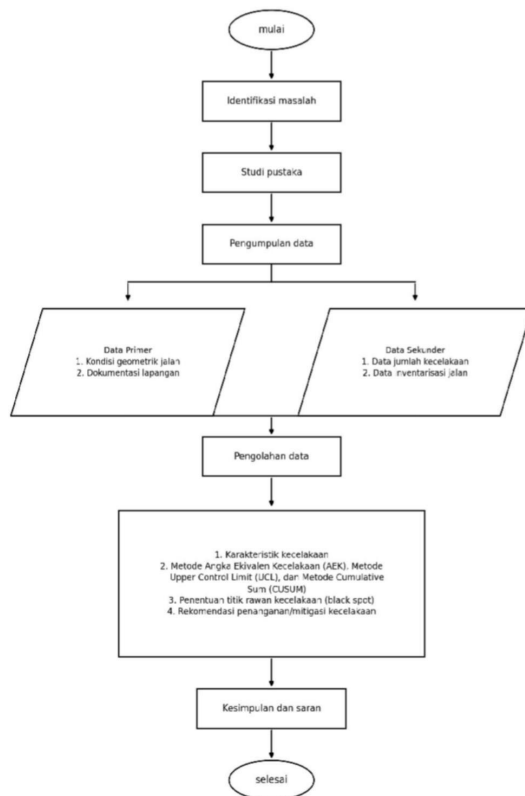
Gambar 1. Lokasi penelitian (garis merah; anak panah menandai STA 0+000 dan STA 1+703)
Sumber: Google Maps, 21 April 2026.

3.2 Data dan Teknik Pengumpulan Data

Data sekunder berupa 13 kejadian kecelakaan periode 2022-2025 dari Satlantas Polres Bukittinggi serta data eksisting jalan dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Bukittinggi. Data primer diperoleh melalui (a) observasi lapangan pada tujuh titik untuk mengukur lebar perkerasan dan memeriksa kelengkapan jalan (bahu, median, marka, rambu, penerangan, perkerasan, drainase, dan APILL), serta (b) wawancara terhadap 12 responden (korban, saksi, keluarga korban, dan warga sekitar) yang mewakili 10 kejadian terverifikasi pada Juli 2022-Juni 2026. Kesepuluh kejadian ini seluruhnya tidak pernah dilaporkan ke kepolisian. Data sekunder menjadi dasar perhitungan AEK, UCL, dan CUSUM karena bersumber dari laporan resmi, sedangkan data primer berkedudukan sebagai data penunjang untuk memperkaya pembahasan dan tidak dimasukkan ke dalam perhitungan tersebut.

3.3 Tahapan dan Analisis Data

Tahapan penelitian mengikuti bagan alir pada Gambar 2. Ruas tinjauan dibagi menjadi empat segmen: Segmen 1 (STA 0+000-0+500), Segmen 2 (0+500-1+000), Segmen 3 (1+000-1+500), dan Segmen 4 (1+500-1+703; 203 m). Setiap kejadian dipetakan ke segmen berdasarkan STA kejadiannya, lalu dihitung AEK per segmen dengan Persamaan (1), UCL dengan Persamaan (2), dan CUSUM dengan Persamaan (3) secara berurutan mengikuti arah stasioning dengan $C_0 = 0$. Pengolahan data dibantu Microsoft Excel. Hasil identifikasi kemudian dibandingkan dengan temuan survei geometrik untuk menganalisis faktor penyebab dan menyusun rekomendasi.



1. **Identifikasi masalah dan studi pustaka.** Merumuskan persoalan kerawanan kecelakaan pada ruas Bypass dan landasan teorinya.
2. **Pengumpulan data.** Data primer: kondisi geometrik jalan dan dokumentasi lapangan. Data sekunder: jumlah kecelakaan (Satlantas) dan inventarisasi jalan.
3. **Pengolahan data.** Karakteristik kecelakaan; perhitungan AEK, UCL, dan CUSUM.
4. **Penentuan black spot.** Segmen dengan $AEK > UCL$ dan $C_i > 0$.
5. **Rekomendasi.** Penanganan/mitigasi berdasarkan hubungan *black spot* dengan kondisi geometrik.
6. **Kesimpulan dan saran.**

Gambar 2. Bagan alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Eksisting Ruas Jalan

Survei pada tujuh titik (Tabel 2) menunjukkan lebar total jalan 12,3-19,5 m. Median fisik tidak tersedia pada STA 0+000, 0+450, dan 0+900, sedangkan pada STA 1+147-1+703 median tersedia tetapi sebagian rusak (STA 1+372). Bahu jalan tidak tersedia pada seluruh titik tinjauan, dan marka yang tidak jelas atau pudar membuat lebar lajur efektif tidak terdefinisi bagi pengemudi. Kerusakan perkerasan terberat (Rusak Berat menurut klasifikasi kondisi jalan Bina Marga) terdapat pada STA 0+900-1+500, yang sebagian besar berada di Segmen 3, berupa lubang tergenang air, permukaan bergelombang, dan median rusak. Simpang tiga STA 1+703 tidak dilengkapi APILL maupun marka pengatur prioritas (Gambar 3).

Tabel 2. Hasil Survei Kondisi Eksisting Jalan per Titik Tinjauan

No	STA	Lebar (m)	Temuan bermasalah	Kondisi perkerasan
1	0+000-0+450	15,6	Bahu jalan dan marka (zebra cross pudar)	Sedang
2	0+450-0+900	12,3	Rambu dan penerangan jalan (PJU)	Sedang
3	0+900-1+250	12,6	Bahu, marka, dan perkerasan (lubang tergenang air)	Rusak Berat
4	1+250-1+500	14,8	Median rusak dan perkerasan bergelombang	Rusak Berat
5	1+500-1+620	12,8	Perkerasan mulai bergelombang	Rusak Ringan
6	1+620-1+670	18,4	Perkerasan mulai bergelombang	Rusak Ringan
7	1+670-1+700	19,5	Marka, perkerasan (retak ringan), dan tanpa APILL	Rusak Ringan

Sumber: Hasil survei lapangan, 2026.



Gambar 3. Kondisi lapangan: (a) STA 0+000, zebra cross pudar dan tanpa bahu jalan; (b) lubang tergenang air pada Segmen 3; (c) simpang STA 1+703 tanpa APILL dan marka
Sumber: Dokumentasi lapangan, 2026.

Menurut MKJI (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997), hambatan samping pada Segmen 1 dan Segmen 3 tergolong tinggi. Pada Segmen 1, ketiadaan bahu membuat pejalan kaki berjalan di badan jalan dan kendaraan berhenti sembarangan; pada Segmen 3, lubang dan permukaan bergelombang memicu manuver menghindar mendadak, sementara median rusak mempersempit lajur.

4.2 Karakteristik Kecelakaan

Karakteristik kecelakaan disajikan terpisah untuk data sekunder (13 kejadian) dan data penunjang (10 kejadian) agar pola keduanya dapat dibandingkan (Tabel 3). Pada data sekunder, jumlah kejadian meningkat dari 2 kejadian (2023) menjadi 4 (2024) dan 5 (2025), yaitu hampir dua kali lipat dalam dua tahun, sehingga kerawanan ruas ini bukan kejadian insidental. Sepeda motor terlibat pada hampir semua kejadian. Kecelakaan terkonsentrasi pada sore hari (38,5%) dan, pada data penunjang, malam hari (50,0%); pada gabungan kedua data, 39,1% kejadian terjadi pada sore dan 34,8% pada malam hari, bertepatan dengan jam pulang kerja/sekolah dan menurunnya pencahayaan.

Tabel 3. Karakteristik Kecelakaan Data Sekunder (n = 13) dan Data Penunjang Wawancara (n = 10)

Karakteristik	Kategori	Data sekunder n (%)	Data penunjang n (%)
Jenis kendaraan	Sepeda motor - sepeda motor	6 (46,2)	2 (20,0)
	Sepeda motor - mobil/pikap/dump truck	5 (38,5)	2 (20,0)
	Sepeda motor tunggal	0 (0,0)	5 (50,0)
	Sepeda motor - pejalan kaki	1 (7,7)	1 (10,0)
	Mobil - tidak diketahui (tabrak lari)	1 (7,7)	0 (0,0)
Waktu kejadian	Dini hari (00.00-05.59)	1 (7,7)	0 (0,0)
	Pagi (06.00-11.59)	3 (23,1)	0 (0,0)
	Siang (12.00-15.59)	1 (7,7)	1 (10,0)
	Sore (16.00-18.59)	5 (38,5)	4 (40,0)
	Malam (19.00-23.59)	3 (23,1)	5 (50,0)
Korban (jiwa)	Meninggal dunia (MD)	2	0
	Luka berat (LB)	0	5
	Luka ringan (LR)	17	8

Sumber: Satlantas Polres Bukittinggi (2022-2025) dan hasil wawancara (2026), diolah. Dua kejadian wawancara bermuatan korban campuran LB dan LR.

Kedua sumber data menunjukkan pola yang berbeda. Data sekunder mencatat dua korban meninggal dunia tetapi tidak satu pun luka berat maupun kecelakaan sepeda motor tunggal. Sebaliknya, separuh kejadian pada data penunjang adalah kecelakaan sepeda motor tunggal dengan lima korban luka berat. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa kecelakaan tunggal dan insiden ringan cenderung tidak dilaporkan ke kepolisian, sehingga data resmi saja belum menggambarkan kerawanan ruas secara utuh.

4.3 Identifikasi Black Spot dengan AEK, UCL, dan CUSUM

Sebanyak 13 kejadian sekunder dipetakan ke segmen: Segmen 1 sebanyak 4 kejadian, Segmen 2 sebanyak 1, Segmen 3 sebanyak 8, dan Segmen 4 tidak ada. Dengan Persamaan (1), AEK Segmen 3 ($MD = 0$, $LB = 0$, $LR = 13$, $K = 0$) adalah $12(0) + 3(0 + 13) + 0 = 39$. Rata-rata AEK seluruh segmen adalah $\lambda = 75/4 = 18,75$, sehingga dengan Persamaan (2):

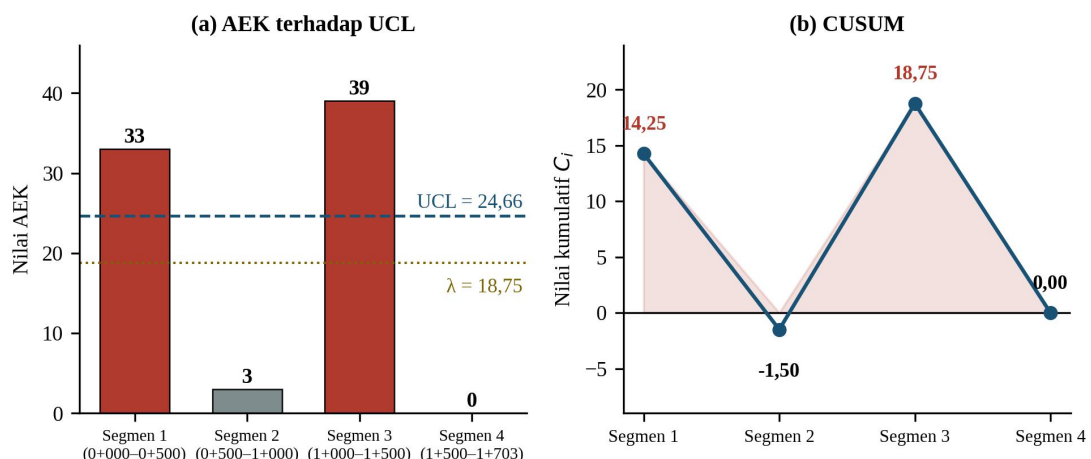
$$UCL = 18,75 + 2,576 \sqrt{(18,75/4) + 0,829/4 + 1/(2 \cdot 4)} = 24,66 \quad (4)$$

Pada Tabel 4, Segmen 1 (AEK = 33) dan Segmen 3 (AEK = 39) melampaui UCL sehingga ditetapkan sebagai *black spot*, sedangkan Segmen 2 (AEK = 3) dan Segmen 4 (AEK = 0) berstatus normal. Validasi CUSUM ($\lambda = 18,75$) memberikan C_i positif pada Segmen 1 (14,25) dan Segmen 3 (18,75), sedangkan Segmen 2 (-1,50) dan Segmen 4 (0,00) tidak positif. Kedua metode memberikan hasil konsisten pada seluruh segmen (Gambar 4). Lonjakan terbesar terjadi pada peralihan Segmen 2 ke Segmen 3 (+20,25), yang menandai pergeseran tren kerawanan paling tajam di sepanjang ruas.

Tabel 4. Rekapitulasi AEK, UCL, dan CUSUM per Segmen (Data Sekunder)

Segmen	STA	Kejadian	MD	LB	LR	AEK	AEK vs UCL (24,66)	C_i	Status (AEK-UCL & CUSUM)
1	0+000-0+500	4	2	0	3	33	AEK > UCL	+14,25	Black spot
2	0+500-1+000	1	0	0	1	3	AEK ≤ UCL	-1,50	Normal
3	1+000-1+500	8	0	0	13	39	AEK > UCL	+18,75	Black spot
4	1+500-1+703	0	0	0	0	0	AEK ≤ UCL	0,00	Normal
Jumlah		13	2	0	17	75			

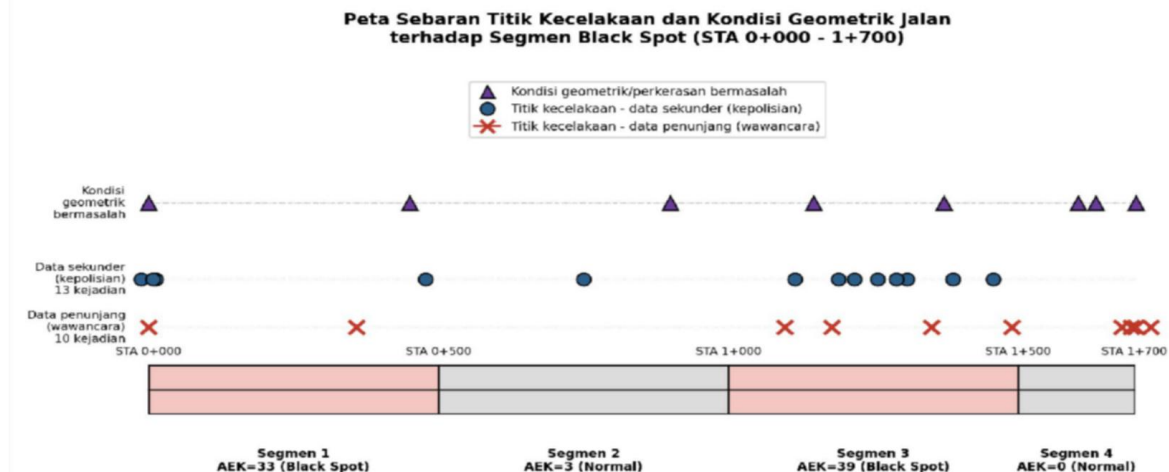
Sumber: Hasil olahan data kecelakaan sekunder, 2026. $\lambda = 18,75$; $UCL = 24,66$.



Gambar 4. (a) Perbandingan AEK dengan UCL dan (b) nilai CUSUM per segmen
Sumber: Hasil olahan, 2026.

4.4 Hubungan Black Spot dengan Kondisi Geometrik Jalan

Gambar 5 memetakan titik kecelakaan dan titik defisiensi geometrik pada garis stasioning. Kejadian, khususnya yang berkorban jiwa dan luka berat, terkonsentrasi berhimpitan dengan titik kerusakan geometrik dan perkerasan pada Segmen 1 (sekitar STA 0+000) dan Segmen 3 (sekitar STA 1+097-1+372). Penyandingan setiap titik kejadian dengan temuan survei terdekat menunjukkan bahwa 18 dari 23 kejadian (78,3%) berada pada atau berdekatan dengan titik yang memiliki sedikitnya satu temuan geometrik bermasalah, dan 6 dari 10 kejadian wawancara (60%) dinyatakan responden berkaitan langsung dengan kondisi geometrik atau perkerasan jalan.



Gambar 5. Peta sebaran titik kecelakaan dan kondisi geometrik terhadap segmen *black spot* (STA 0+000-1+700)

Sumber: Hasil olahan, 2026.

Segmen 1. Pada STA 0+000 tidak terdapat bahu jalan dan marka zebra cross telah pudar. Di sekitar titik ini terjadi tiga kejadian: satu korban meninggal dunia (tabrak lari) dan dua kejadian yang melibatkan pejalan kaki yang terpaksa berjalan di badan jalan karena ruas tidak memiliki bahu maupun trotoar. **Segmen 3.** Segmen ini memiliki AEK tertinggi (39), kejadian terbanyak (8), dan defisiensi paling beragam, yaitu bahu, marka, median, dan perkerasan. Penyebab yang tercatat antara lain roda masuk ke lubang (STA 1+178), hilangnya kestabilan saat menyalip akibat permukaan bergelombang (STA 1+097), dan menabrak pembatas jalan yang rusak (STA 1+350). Tabel 5 merangkum hubungan tersebut.

Tabel 5. Hubungan *Black Spot* dengan Kondisi Geometrik Jalan

Lokasi	Kondisi eksisting	Pengaruh terhadap kerawanan	Status
Umum (STA 0+000-1+700)	Alinyemen relatif lurus; lebar 12,3-19,5 m berubah tanpa tanda rambu/marka	Mendorong kecepatan tinggi dan menurunkan kewaspadaan terhadap gangguan mendadak	Faktor pendukung
Segmen 1 (0+000-0+500)	Lebar 15,6 m; tanpa bahu; zebra cross pudar	Pejalan kaki berjalan di badan jalan; tidak ada ruang manuver darurat	<i>Black spot</i>
Segmen 3 (1+000-1+500)	Lebar 12,6-14,8 m; marka tidak jelas; median rusak; perkerasan berlubang dan bergelombang	Kehilangan kendali saat menyalip atau menghindari lubang; pemisah arus tidak berfungsi	<i>Black spot</i>
Simpang STA 1+703	Simpang tiga tanpa APILL dan marka prioritas; lebar 19,5 m	Konflik antarkendaraan tak terkendali, terutama sore-malam; 4 kejadian pada data penunjang	Titik kritis tambahan
Segmen 2 (0+500-1+000)	Defisiensi pelengkap: rambu dan PJU	Pengaruh relatif ringan (AEK = 3)	Normal

Sumber: Hasil olahan survei lapangan dan analisis data kecelakaan, 2026.

Jumlah dan jenis defisiensi geometrik sejalan dengan nilai AEK: Segmen 3 (empat jenis defisiensi) memiliki AEK tertinggi, Segmen 1 (bahu dan marka) berada di atas UCL, sedangkan Segmen 2 yang hanya kekurangan rambu dan penerangan memiliki AEK terendah di antara segmen yang tercatat kejadian. Segmen 4 memiliki empat temuan geometrik namun AEK = 0; hal ini bukan berarti aman, melainkan mencerminkan tidak adanya laporan polisi di segmen tersebut. Pola ini sejalan dengan pendekatan pemetaan geometrik-kejadian oleh Maudyna dan Bayu (2023) dan Oktopianto dkk. (2021).

Jika dibandingkan dengan acuan perencanaan geometrik jalan arteri sekunder (Bina Marga), penyimpangan terbesar pada kedua segmen *black spot* bukan pada alinyemen horizontal, karena ruas relatif lurus dan jarak pandang henti terpenuhi secara geometri, melainkan pada elemen pelengkap keselamatan. Bahu jalan 0 m tidak memenuhi syarat minimal sekitar 2,0 m, dan ketiadaan atau pudarnya marka membuat lebar lajur efektif tidak terdefinisi. Ketidadaan bahu juga menghilangkan ruang pemulihan (*recovery zone*) sehingga meningkatkan risiko kecelakaan keluar jalur (Homburger, 1978), sekaligus menaikkan hambatan samping. Alinyemen lurus yang panjang cenderung mendorong kecepatan tinggi, sehingga defisiensi tersebut semakin berbahaya.

4.5 Peran Data Penunjang dan Titik Kritis STA 1+703

Data wawancara tidak mengubah status *black spot* hasil AEK-UCL dan CUSUM, tetapi mengungkap titik kritis yang luput dari catatan resmi. Pada simpang tiga STA 1+703 (Segmen 4), data kepolisian tidak mencatat satu pun kejadian sehingga AEK = 0 dan segmen dinyatakan normal. Namun, wawancara mengidentifikasi empat kejadian terverifikasi di sekitar simpang (STA 1+695-1+703), tiga di antaranya merupakan konflik antarkendaraan di simpang tanpa APILL dan tanpa marka pengatur prioritas. Karena itu simpang ini tetap direkomendasikan sebagai prioritas penanganan, meskipun berada di luar batas formal segmen *black spot*. Temuan ini menegaskan manfaat memadukan data resmi dengan data pengalaman nyata pengguna jalan.

4.6 Rekomendasi Penanganan

Prioritas disusun berdasarkan status *black spot* (AEK-UCL-CUSUM), tingkat keparahan korban, dan jumlah jenis defisiensi geometrik. Segmen 1 dan Segmen 3 berprioritas I (sangat tinggi), simpang STA 1+703 berprioritas II (tinggi), dan Segmen 2 serta Segmen 4 berprioritas III (pemeliharaan rutin) (Tabel 6).

Tabel 6. Matriks Prioritas dan Rekomendasi Penanganan

Lokasi (prioritas)	Jangka pendek (0-6 bulan)	Jangka menengah (6-18 bulan)	Jangka panjang (> 18 bulan)
Segmen 1 (I)	Pengecatan ulang zebra cross dan marka tepi pada STA 0+000; delineator / <i>traffic cone</i> sebagai batas darurat pengganti bahu	Pembangunan bahu jalan permanen lebar minimal 1,5-2,0 m dengan kerb dan drainase tepi	Audit keselamatan jalan (<i>road safety audit</i>) berkala pada seluruh ruas
Segmen 3 (I)	Penambalan lubang (<i>cold-mix</i>) pada STA 1+147 dan 1+372; marka tengah dan tepi <i>thermoplastic</i> reflektif	Rekonstruksi perkerasan pada titik rusak struktural; penggantian median STA 1+147-1+372 dengan beton pracetak; pembangunan bahu jalan	Evaluasi tahunan nilai AEK pasca-penanganan (<i>before-after</i>)
Simpang STA 1+703 (II)	Rambu peringatan simpang dan marka prioritas (STOP/YIELD) pada kedua pendekat	Pemasangan APILL atau lampu kedip kuning, disertai median pemisah pendekat	CCTV/ATCS pada simpang kritis untuk pemantauan dan penegakan hukum elektronik
Segmen 2 dan 4 (III)	Rambu batas kecepatan sesuai fungsi arteri sekunder perkotaan pada pendekat segmen <i>black spot</i>	Pemeliharaan preventif rambu, PJU, dan marka	Pemantauan berkelanjutan

Sumber: Hasil olahan survei lapangan dan analisis data kecelakaan, 2026.

4.7 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini menggunakan 13 kejadian sekunder pada rentang empat tahun sehingga hasilnya perlu dibaca sebagai identifikasi awal, dan tahun 2022 dan 2026 pada data penunjang hanya mencakup sebagian tahun. Laporan polisi umumnya hanya memuat nama kelurahan atau *landmark* sehingga titik STA kejadian bersifat perkiraan. Segmen 4 lebih pendek (203 m) dan tidak memiliki laporan resmi. Faktor manusia dan faktor kendaraan, termasuk usia dan kondisi teknis kendaraan, tidak diteliti secara sistematis; keterkaitannya hanya dibahas secara kualitatif.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Metode AEK dan UCL menetapkan Segmen 1 (STA 0+000-0+500; AEK = 33) dan Segmen 3 (STA 1+000-1+500; AEK = 39) sebagai *black spot* karena melampaui UCL sebesar 24,66, sedangkan Segmen 2 (AEK = 3) dan Segmen 4 (AEK = 0) berstatus normal.
2. Hasil tersebut konsisten dengan metode CUSUM: C_i positif pada Segmen 1 (14,25) dan Segmen 3 (18,75), serta tidak positif pada Segmen 2 (-1,50) dan Segmen 4 (0,00).
3. Lokasi *black spot* bertepatan dengan defisiensi geometrik dan perkerasan, yaitu tidak adanya bahu jalan, marka pudar atau tidak jelas, lubang dan permukaan bergelombang, serta median rusak. Sebanyak 78,3% kejadian berada pada atau dekat titik dengan temuan geometrik bermasalah.
4. Data penunjang wawancara mengungkap simpang STA 1+703 tanpa APILL sebagai titik kritis tambahan yang tidak tertangkap data kepolisian. Pemaduan data resmi dan data pengalaman pengguna jalan memberikan gambaran kerawanan yang lebih menyeluruh.
5. Penanganan prioritas: pembaruan marka dan pembuatan bahu jalan pada Segmen 1; penambalan, rekonstruksi perkerasan, pengecatan marka, dan perbaikan median pada Segmen 3; serta rambu/marka prioritas dan APILL pada simpang STA 1+703.



5.2 Saran

1. Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Bukittinggi agar memprioritaskan perbaikan infrastruktur pada Segmen 1 dan Segmen 3 serta pemasangan APILL atau rambu pengatur prioritas pada simpang STA 1+703.
2. Satlantas Polres Bukittinggi agar meningkatkan pengawasan pada pukul 16.00-23.59 dan mendorong masyarakat melaporkan setiap kecelakaan, sekecil apa pun, untuk memutakhirkan data secara berkelanjutan.
3. Peneliti selanjutnya agar memperpanjang rentang data, mengintegrasikan data kecelakaan tidak dilaporkan ke dalam analisis kuantitatif, serta mengkaji faktor manusia dan kendaraan (termasuk usia dan kondisi teknis kendaraan) secara lebih mendalam.
4. Pengguna jalan agar lebih berhati-hati dan mengurangi kecepatan saat melintasi Segmen 1, Segmen 3, dan simpang STA 1+703.

DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2010). *Highway Safety Manual* (1st ed.). Washington, D.C.: AASHTO.
- Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementerian PUPR. (2016). *Modul Pelatihan: Faktor Jalan dan Lingkungan dalam Kecelakaan Lalu Lintas*. Jakarta: Kementerian PUPR.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2004). *Pedoman Penanganan Lokasi Rawan Kecelakaan Lalu Lintas (Pd T-09-2004-B)*. Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2012). *Pedoman Penanganan Lokasi Rawan Kecelakaan (Black Spot)*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Hobbs, F. D. (1995). *Traffic Planning and Engineering* (2nd ed., terjemahan Suprpto TM & Waldijono). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Homburger, W. S. (1978). *Fundamentals of Traffic Engineering* (9th ed.). Berkeley: Institute of Transportation Studies, University of California.
- Maudyna, A., & Bayu, R. H. (2023). Studi identifikasi daerah rawan kecelakaan pada ruas Jalan Padalarang-Rajamandala Kabupaten Bandung Barat. *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 13(2), 455-468. <https://doi.org/10.29103/tj.v13i2.929>
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control* (6th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Oktopianto, Y., Shofiah, S., Rokhman, F. A., Wijayanthi, K. P., & Krisdayanti, E. (2021). Analisis daerah rawan kecelakaan (black site) dan titik rawan kecelakaan (black spot) Provinsi Lampung. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 5(1), 40-51.
- Pignataro, L. J. (1973). *Traffic Engineering: Theory and Practice*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Republik Indonesia. (2004). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan*. Jakarta: Sekretariat Negara RI.
- Republik Indonesia. (2009). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. Jakarta: Sekretariat Negara RI.
- Wahyudi, F. (2021). *Analisis Titik Rawan Kecelakaan Lalu Lintas pada Jalan Arteri Primer di Kabupaten Sukabumi* (Skripsi). Universitas Nusa Putra, Sukabumi.
- World Road Association (PIARC). (2019). *Road Safety Manual*. Paris: PIARC.