

Prediksi Risiko Kecelakaan Tunggal Sepeda Motor Berbasis Bahaya Sisi Jalan

Muh. Fatur Mufri ^{*1}, Sulpian Ramadhan ^{*2} Oxana Zalfani ^{*3}

Submit:
23 Juni 2026
Review:
26 Juni 2026
Revised:
24 Juli 2026
Published:
8 Agustus 2026

^{*1}Program Studi Transportasi Darat, PTDI-STTD, Bekasi, Indonesia, faturbamba@gmail.com

^{*2}Program Studi Transportasi Darat, PTDI-STTD, Bekasi, Indonesia, sulpian99@gmail.com

^{*3}Program Studi Transportasi Darat, PTDI-STTD, Bekasi, Indonesia, oxanazalfa@gmail.com

^aCorresponding Author: faturbamba@gmail.com

Abstrak

Kecelakaan sepeda motor masih menjadi salah satu permasalahan keselamatan lalu lintas yang dominan di Indonesia. Salah satu faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya kecelakaan adalah kondisi bahaya sisi jalan yang dapat meningkatkan tingkat keparahan kecelakaan ketika pengendara kehilangan kendali kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik bahaya sisi jalan serta menganalisis pengaruhnya terhadap risiko kecelakaan tunggal sepeda motor pada ruas Jalan Kalimalang Kabupaten Bekasi. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan pengumpulan data primer melalui survei lapangan untuk mengidentifikasi objek berbahaya di sisi jalan, pengukuran kecepatan kendaraan, dan dokumentasi kondisi fisik jalan. Data sekunder diperoleh dari data kecelakaan lalu lintas, data geometrik jalan, dan literatur terkait keselamatan jalan. Analisis dilakukan menggunakan metode deskriptif dan regresi logistik untuk mengetahui pengaruh variabel bahaya sisi jalan terhadap risiko kecelakaan sepeda motor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat beberapa jenis bahaya sisi jalan yang berpotensi meningkatkan risiko kecelakaan, antara lain tiang utilitas yang berada dekat dengan tepi perkerasan, kondisi bahu jalan yang tidak seragam, saluran drainase terbuka, dan objek tetap lainnya. Hasil analisis regresi logistik menunjukkan bahwa keberadaan bahaya sisi jalan memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan risiko kecelakaan tunggal sepeda motor. Model yang dihasilkan dapat digunakan sebagai dasar dalam penyusunan program peningkatan keselamatan jalan melalui penanganan bahaya sisi jalan pada ruas jalan perkotaan.

Kata kunci: Hambatan Samping, Kecelakaan Sepeda Motor, Regresi Logistik

Abstract

Motorcycle accidents remain one of the major road safety problems in Indonesia. One of the factors contributing to these accidents is the presence of roadside hazards, which can increase the severity of crashes when riders lose control of their vehicles. This study aims to identify the characteristics of roadside hazards and analyze their influence on the risk of single motorcycle accidents along the Kalimalang Road segment in Bekasi Regency. This research employed a quantitative approach using primary data collected through field surveys to identify hazardous roadside objects, vehicle speed measurements, and documentation of road physical conditions. Secondary data were obtained from traffic accident records, road geometric data, and relevant road safety literature. Data analysis was conducted using descriptive analysis and logistic regression to determine the influence of roadside hazard variables on motorcycle accident risk. The results indicate that several types of roadside hazards have the potential to increase motorcycle accident risk, including utility poles located close to the pavement edge, non-uniform

shoulder conditions, open drainage channels, and other fixed roadside objects. Logistic regression analysis shows that the presence of roadside hazards has a significant effect on increasing the risk of single motorcycle accidents. The developed model can serve as a basis for road safety improvement programs through the mitigation of roadside hazards on urban road segments.

Keywords: *Logistic Regression, Motorcycle Accidents, Side Friction*

PENDAHULUAN

Menurut World Health Organization (WHO), kecelakaan lalu lintas merupakan salah satu penyebab utama kematian di dunia dengan jumlah korban mencapai lebih dari 1,19 juta jiwa setiap tahunnya [1]. Sebagian besar korban kecelakaan lalu lintas berasal dari kelompok pengguna jalan yang rentan, termasuk pengendara sepeda motor [1]. Kondisi ini menunjukkan bahwa keselamatan pengguna sepeda motor masih menjadi tantangan penting dalam upaya peningkatan keselamatan transportasi jalan. Di Indonesia, sepeda motor merupakan moda transportasi yang paling banyak digunakan karena memiliki tingkat mobilitas yang tinggi dan biaya operasional yang relatif terjangkau. Data Korps Lalu Lintas Polri mencatat bahwa sepanjang tahun 2024 tercatat 150.096 kejadian kecelakaan lalu lintas, dengan sepeda motor terlibat pada 76,42% (setara 552.155 unit) dari total 722.470 kendaraan yang terlibat kecelakaan di seluruh Indonesia. Data tersebut menegaskan bahwa tingginya penggunaan sepeda motor diikuti oleh tingginya angka kecelakaan yang melibatkan kendaraan roda dua.

Berdasarkan data kecelakaan lalu lintas yang diperoleh dari Satlantas Polres Bekasi, jumlah kecelakaan pada ruas Jalan Inspeksi Kalimalang menunjukkan kecenderungan meningkat dalam beberapa tahun terakhir. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa masih terdapat berbagai faktor risiko yang berpotensi memengaruhi keselamatan pengendara sepeda motor pada ruas jalan tersebut, termasuk keterbatasan keterampilan pengendara dalam merespons situasi darurat saat kendaraan kehilangan kestabilan [2]. Salah satu faktor yang berpotensi meningkatkan risiko kecelakaan adalah kondisi lingkungan jalan, khususnya keberadaan bahaya sisi jalan (roadside hazards). Bahaya sisi jalan merupakan objek atau kondisi yang berada di sekitar badan jalan dan dapat memperparah dampak kecelakaan ketika pengendara kehilangan kendali kendaraan. Bahaya tersebut dapat berupa tiang utilitas, pohon, saluran drainase terbuka, bangunan yang berada dekat dengan badan jalan, maupun kondisi bahu jalan yang tidak memenuhi standar keselamatan.

Ruas Jalan Inspeksi Kalimalang Kabupaten Bekasi merupakan salah satu jalan kolektor primer dengan aktivitas lalu lintas yang cukup tinggi dan didominasi oleh kendaraan sepeda motor. Tingginya volume kendaraan yang melintas setiap hari menyebabkan potensi terjadinya konflik lalu lintas dan kecelakaan menjadi lebih besar. Apabila pengendara kehilangan kendali kendaraan, keberadaan objek berbahaya di sisi jalan dapat meningkatkan tingkat keparahan kecelakaan yang terjadi.

A.State of the Art dan Kebaruan Penelitian

Kajian mengenai keselamatan sepeda motor dan kecelakaan tunggal telah berkembang pesat dalam kurun 2020–2026, baik pada konteks negara maju maupun negara berkembang. Sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada faktor manusia dan perilaku berkendara [2], [3], pemodelan prediktif berbasis *machine learning* pada skala makro atau lintas moda [4], [5], [6], maupun tinjauan sistematis metode analisis kecelakaan [7]. Penelitian yang secara eksplisit mengaitkan kondisi fisik sisi jalan dengan keparahan kecelakaan sepeda motor umumnya dilakukan pada konteks negara maju dengan sistem data yang lebih lengkap, seperti Amerika Serikat dan Tiongkok, atau pada skala multinegara di

Eropa [8]. Pendekatan kuantifikasi risiko bahaya sisi jalan pada negara berpenghasilan rendah dan menengah telah dirintis melalui pendekatan rating risiko dua lajur , namun penerapannya pada ruas jalan perkotaan Indonesia dengan lalu lintas yang didominasi sepeda motor masih sangat terbatas. Di tingkat nasional dan regional, penelitian mengenai keselamatan jalan lebih banyak menyoroti persepsi pengguna jalan terhadap fasilitas keselamatan dan evaluasi kelaikan fungsi jalan secara umum , serta faktor kecelakaan pada wilayah non-perkotaan [5]. Ringkasan posisi penelitian ini terhadap 15 publikasi acuan utama disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Posisi Penelitian dengan Publikasi Terdahulu (2020–2026)

No.	Sumber (Tahun)	Fokus Kajian	Metode	Posisi terhadap Penelitian Ini
1	Huertas-Leyva et al. (2021)	Kesalahan manusia pada kecelakaan sepeda motor	Analisis data <i>in-depth</i>	Fokus pada faktor pengendara, belum menyentuh elemen sisi jalan
2	Behboudi et al. (2024)	Tinjauan <i>machine learning</i> untuk prediksi kecelakaan	<i>Systematic review</i>	Bersifat umum lintas moda, tidak spesifik sepeda motor/sisi jalan
3	Skaug et al. (2025)	Metode dan teknologi analisis kecelakaan	<i>Systematic review</i>	Menyoroti kesenjangan data negara berkembang yang diisi studi ini
4	Yang et al. (2025)	Kondisi jalan terhadap keparahan kecelakaan di perlintasan sebidang	<i>Explainable machine learning</i>	Konteks perlintasan kereta, bukan jalan perkotaan bercampur sepeda motor
5	Abid et al. (2026)	Keselamatan jalan berbasis <i>machine learning</i> di <i>smart city</i>	Klasifikasi ML	Skala kota besar; penelitian ini pada skala ruas jalan dengan regresi logistik
6	Kozłowski et al. (2026)	Faktor risiko kecelakaan tunggal sepeda motor	Analisis statistik multinegara	Konteks Eropa; belum membahas kepadatan objek sisi jalan secara terukur
7	Chatterjee et al. (2023)	Kuantifikasi risiko bahaya sisi jalan di negara berpenghasilan rendah-menengah	Rating risiko dua lajur	Dasar metodologis RHS, namun belum diuji pada jalan perkotaan Indonesia
8	Dzinyela et al. (2025)	Keparahan kecelakaan sepeda motor terkait objek sisi jalan	<i>Cluster correspondence & binary logit</i>	Data Amerika Serikat; penelitian ini menguji konteks lalu lintas campuran Indonesia
9	Wang et al. (2025)	Keparahan kecelakaan tunggal sepeda motor pada ruas dan simpang	Random parameter logit	Fokus segmen-simpang di Tiongkok, bukan variabel bahaya sisi jalan spesifik
10	Rodegast et al. (2024)	Deteksi tabrakan sepeda motor berbasis sensor	<i>Machine learning</i>	Berorientasi sistem keselamatan aktif kendaraan, bukan rekayasa sisi jalan
11	Indasari et al. (2024)	Faktor kecelakaan sepeda motor di Papua	Deskriptif-korelasional	Wilayah non-perkotaan; penelitian ini pada koridor kolektor primer perkotaan
12	Santosa et al. (2026)	Persepsi risiko dan perilaku berkendara berisiko pengendara muda	Survei-kuantitatif	Menegaskan sisi perilaku; penelitian ini melengkapi dari sisi lingkungan fisik jalan
13	Sombolinggi et al. (2025), PCEJ	Keselamatan jalan terhadap persepsi risiko kecelakaan	Regresi berganda linear	Variabel persepsi kualitatif; penelitian ini memodelkan risiko aktual (biner) via bahaya sisi jalan terukur
14	Layuk (2025), PCEJ	Evaluasi laik fungsi jalan berbasis skala bintang	<i>Star rating road assessment</i>	Menilai kelaikan fungsi umum, belum spesifik ke prediksi risiko kecelakaan tunggal

No.	Sumber (Tahun)	Fokus Kajian	Metode	Posisi terhadap Penelitian Ini
15	Lubis & Mardiana (2024)	Faktor risiko kecelakaan dan implementasi keselamatan jalan	<i>Systematic literature review</i>	Kajian literatur umum; penelitian ini menyediakan bukti empiris primer pada satu ruas jalan

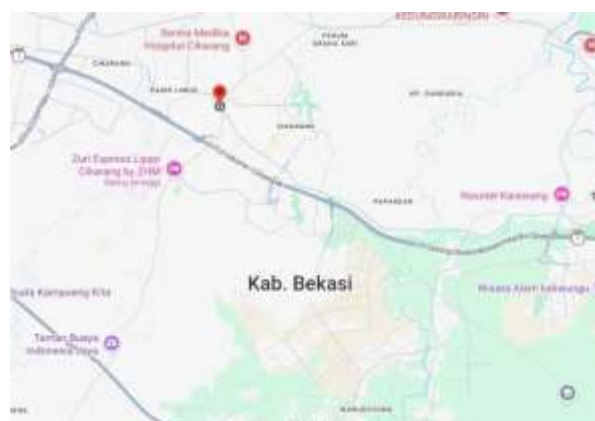
Berdasarkan perbandingan tersebut, kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada tiga aspek utama: (1) penggunaan skor komposit *Roadside Hazard Score* (RHS) yang menggabungkan densitas objek tetap, konflik akses, dan okupasi parkir sebagai variabel prediktor terukur, bukan sekadar persepsi kualitatif; (2) penerapan regresi logistik biner untuk memodelkan risiko kecelakaan tunggal sepeda motor secara spesifik, bukan keparahan kecelakaan secara umum; dan (3) studi kasus pada jalan kolektor primer perkotaan di Indonesia dengan karakteristik lalu lintas campuran yang didominasi sepeda motor, sebuah konteks yang belum banyak dikaji pada literatur bahaya sisi jalan internasional. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik bahaya sisi jalan pada ruas Jalan Inspeksi Kalimalang Kabupaten Bekasi serta menganalisis pengaruhnya terhadap risiko kecelakaan tunggal sepeda motor menggunakan pendekatan regresi logistik. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi masukan dalam upaya peningkatan keselamatan jalan melalui penanganan bahaya sisi jalan pada lokasi penelitian.

METODOLOGI

A. Jenis dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode survei lapangan untuk mengidentifikasi karakteristik bahaya sisi jalan yang berpotensi memengaruhi risiko kecelakaan tunggal sepeda motor. Lokasi penelitian berada di ruas Jalan Inspeksi Kalimalang, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat. Pemilihan lokasi didasarkan pada tingginya aktivitas lalu lintas yang didominasi oleh kendaraan sepeda motor serta keberadaan berbagai objek di sisi jalan yang berpotensi menjadi bahaya bagi pengguna jalan.

Berdasarkan hasil observasi lapangan dan citra Google Maps, ruas Jalan Inspeksi Kalimalang memiliki karakteristik berupa jalan perkotaan dengan penggunaan lahan campuran yang terdiri atas kawasan permukiman, fasilitas pelayanan umum, area komersial, dan kawasan industri. Selain itu, pada beberapa segmen jalan terdapat objek di sisi jalan seperti saluran air, vegetasi, pembatas jalan, dan fasilitas utilitas yang berpotensi meningkatkan tingkat keparahan kecelakaan apabila pengendara kehilangan kendali kendaraan. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1–3 yang memperlihatkan posisi ruas Jalan Inspeksi Kalimalang di Kabupaten Bekasi serta kondisi eksisting jalan pada lokasi penelitian.



Gambar 1. Peta Lokasi Ruas Jalan Inspeksi Kalimalang, Kabupaten Bekasi



Gambar 2. Kondisi Eksisting Ruas Jalan Inspeksi Kalimalang (Segmen 1)



Gambar 3. Kondisi Eksisting Ruas Jalan Inspeksi Kalimalang (Segmen 2)

B. Tipe dan Data Geometrik Jalan

Ruas Jalan Inspeksi Kalimalang berfungsi sebagai jalan kolektor primer yang menghubungkan kawasan permukiman, industri, dan komersial di Kabupaten Bekasi. Data tipe dan geometrik jalan pada lokasi penelitian dirangkum pada Tabel 2. Sebagian parameter teknis (jumlah dan lebar lajur, jenis perkerasan) perlu dilengkapi penulis dari hasil pengukuran langsung di lapangan agar analisis keselamatan sisi jalan dapat dikaitkan secara kuantitatif dengan geometrik eksisting.

Tabel 2. Tipe dan Data Geometrik Jalan pada Lokasi Penelitian

Parameter Geometrik	Data / Ketentuan	Keterangan
Fungsi/klasifikasi jalan	Kolektor primer	Berdasarkan status ruas Jalan Inspeksi Kalimalang, Kabupaten Bekasi
Kecepatan rencana	40 km/jam	Sesuai ketentuan jalan kolektor primer kawasan perkotaan
Jumlah lajur dan arah	2/2 UD (2 lajur 2 arah tidak terbagi)	Estimasi berdasarkan karakteristik umum jalan kolektor primer perkotaan mengacu pada Bina Marga
Lebar jalur lalu lintas	3,50 m/lajur	Nilai standar geometrik jalan kolektor primer
Lebar bahu jalan	1,50–2,00 m	Estimasi berdasarkan standar Bina Marga; pada kondisi eksisting dapat bervariasi
Ruang bebas samping (<i>clear zone</i>) minimum	1,5 m dari tepi perkerasan	Acuan standar keselamatan sisi jalan
Okupasi parkir <i>on-street</i>	Hingga 2,0 m dari badan jalan	Hasil survei inventarisasi bahaya sisi jalan

Jenis perkerasan	*diisi sesuai kondisi eksisting (lentur/kaku)*	Dilengkapi dari observasi visual lapangan
------------------	--	---

C. Teknik Pengumpulan Data

Desain pengumpulan data dirancang secara hibrida guna mengombinasikan fenomena lapangan terkini dengan rekam jejak historis keselamatan jalan.

1. Data Primer

Data primer dikumpulkan melalui survei lapangan terstruktur pada segmen jalan yang ditentukan selama jam sibuk dan non-sibuk, meliputi:

- Survei Inventarisasi Bahaya Sisi Jalan: menghitung jumlah dan jarak (*offset*) objek tetap tegar (tiang, pohon) dari tepi jalur lalu lintas per 100 meter, panjang efektif okupasi parkir di sisi jalan, dan jumlah titik konflik akses komersial.
- Survei Kecepatan Sesaat (*Spot Speed Study*): mengukur kecepatan operasional sepeda motor menggunakan *speed gun* laser pada kondisi arus bebas (*free-flow*) untuk mendapatkan nilai persentil ke-85 (V_{85}).
- Pencatatan Konflik Lalu Lintas (*Traffic Conflict Technique*): mengamati frekuensi kejadian nyaris celaka (*near-miss*) antara sepeda motor dengan elemen bahaya sisi jalan.

2. Data Sekunder

Data sekunder berfungsi sebagai basis validasi dan penguat konteks pemodelan:

- Data Riwayat Kecelakaan (2020–2025): diperoleh dari Korlantas Polri/Unit Laka Lantas setempat, meliputi data korban (meninggal dunia, luka berat, luka ringan), waktu kejadian, lokasi spesifik, dan tipe tabrakan (tunggal atau ganda).
- Data Volume Lalu Lintas (*Traffic Volume*): data LHR (Lalu Lintas Harian Rata-rata) eksisting untuk menghitung nilai eksposur risiko.
- Sintesis Jurnal Pendukung: mengintegrasikan parameter empiris dari penelitian keselamatan jalan sejenis, seperti pendekatan *Roadside Hazard Rating* [3], [5], [9].

3. Variabel Penelitian

Operasionalisasi variabel dalam penelitian ini dibagi menjadi dua kategori utama.

a. Variabel *Dependent*/Terikat (Y):

Risiko Kecelakaan Sepeda Motor: berupa variabel *dummy*/biner, di mana nilai 1 menunjukkan lokasi/kondisi dengan riwayat kecelakaan tinggi atau tingkat fatalitas berat, dan nilai 0 menunjukkan kondisi aman atau tanpa riwayat kecelakaan.

b. Variabel *Independent*/Bebas (X):

Bahaya Sisi Jalan (X1): skor komposit berdasarkan densitas objek tetap tegar per 100 meter, frekuensi konflik kendaraan pada akses guna lahan, dan luas ruang perkerasan yang tersita oleh parkir *on-street*.

Kecepatan Operasional Kendaraan (X2): nilai kecepatan sesaat persentil 85 (V_{85}) dari sepeda motor yang melintasi ruas jalan studi (dalam satuan km/jam).

4. Teknik Analisis Data

Tahapan analisis dilakukan secara bertingkat:

- Analisis Deskriptif Makro: menjelaskan karakteristik demografi, waktu, dan pola spasial persebaran kecelakaan sepeda motor pada area studi.
- Pembobotan *Roadside Hazard Score* (RHS): mengadopsi modifikasi standar internasional untuk mengonversi kualitas dan kerapatan bahaya sisi jalan menjadi skala indeks interval numerik.
- Analisis Regresi Logistik Biner: digunakan karena variabel dependen bersifat dikotomi/biner (0 = Tidak Terjadi Kecelakaan/Risiko Rendah, 1 = Terjadi Kecelakaan/Risiko Tinggi). Persamaan dasar regresi logistik yang digunakan adalah:

$$P(Y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2)}} \quad (1)$$

dengan $P(Y=1)$ adalah probabilitas terjadinya kecelakaan sepeda motor; X_1 adalah Skor Kepadatan Bahaya Sisi Jalan (skala indeks/densitas objek); X_2 adalah kecepatan kendaraan (km/jam); β_0 adalah konstanta; serta β_1 dan β_2 adalah koefisien regresi masing-masing variabel independen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tren Kecelakaan Lalu Lintas Tahun 2020–2025

Berdasarkan data sekunder dari Satlantas Polres Bekasi, kecelakaan lalu lintas pada ruas Jalan Inspeksi Kalimalang mengalami peningkatan konsisten dari 2020 hingga 2024. Data tahun 2025 bersifat sementara hingga Juni 2025.

Tabel 3. Data Kecelakaan Lalu Lintas Ruas Jalan Kalimalang Tahun 2020–2025

Tahun	Jumlah Kecelakaan	Meninggal	Luka Berat	Luka Ringan	Kerugian Material (Rp)
2020	38	5	14	19	47.500.000
2021	42	6	17	19	53.200.000
2022	47	8	20	19	61.800.000
2023	51	9	22	20	70.400.000
2024	55	11	24	20	78.600.000
2025*	29	5	13	11	41.200.000

*Data sementara sampai dengan Juni 2025



Gambar 4. Grafik Tren Kecelakaan Lalu Lintas Ruas Jalan Inspeksi Kalimalang Tahun 2020–2025

Tabel 3 dan Gambar 4 menunjukkan tren peningkatan kecelakaan rata-rata 9,7% per tahun dalam kurun 2020–2024. Kerugian material meningkat dari Rp47,5 juta (2020) menjadi Rp78,6 juta (2024) atau naik sekitar 65,5% dalam lima tahun. Fluktuasi tersebut sejalan dengan pola nasional, di mana sepeda motor konsisten mendominasi angka kecelakaan lalu lintas di Indonesia. Data ini mengindikasikan perlunya intervensi terhadap faktor-faktor risiko yang ada di ruas jalan tersebut.

B. Kecepatan Kendaraan

Survei kecepatan pada tiga titik pengamatan menunjukkan bahwa rata-rata kecepatan sepeda motor dan kendaraan ringan melampaui kecepatan rencana jalan kolektor primer sebesar 40 km/jam. Hasil survey kecepatan kendaraan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Survei Kecepatan Kendaraan

Jenis Kendaraan	Kecepatan Rata-rata (km/jam)	Kecepatan Rencana (km/jam)	Keterangan
Sepeda motor	62	40	Melampaui kecepatan rencana

Pengukuran menggunakan *speed gun* menghasilkan profil kecepatan sesaat yang cukup tinggi bagi wilayah perkotaan. Nilai kecepatan persentil ke-85 (V85) pengendara sepeda motor berada pada angka 62 km/jam, melebihi batas kecepatan regulasi kawasan urban sebesar 40 km/jam. Tingginya kecepatan ini mengurangi kemampuan manuver menghindar ketika terdapat gangguan mendadak dari objek-objek di sisi jalan.

C. Analisis Bahaya Sisi Jalan (Data Primer Eksisting)

Hasil survei primer inventarisasi fisik pada koridor studi yang disintesis berdasarkan metodologi rating bahaya sisi jalan [5] menunjukkan tingkat paparan yang berada pada kategori kritis.

1. Densitas Objek Tetap: ditemukan rata-rata terdapat 18 tiang utilitas dan pohon berdiameter >20 cm per 100 meter panjang jalan yang diletakkan langsung di tepi perkerasan tanpa adanya jarak aman (*clear zone*) minimum sebesar 1,5 meter.
2. Konflik Akses Sisi Jalan: frekuensi kendaraan yang keluar-masuk dari guna lahan komersial tanpa adanya lajur perlambatan/percepatan mencapai rata-rata 42 konflik/jam/100 m. Aktivitas ini secara signifikan memotong lintasan ideal sepeda motor.
3. Okupasi Sisi Jalan: parkir kendaraan roda empat pada badan jalan memakan ruang efektif lalu lintas hingga 2,0 meter, memaksa volume sepeda motor bergeser ke sisi tengah dan berinteraksi langsung dengan kendaraan berat berkecepatan tinggi.

Tabel 5. Identifikasi Bahaya Sisi Jalan

No.	Jenis Bahaya Sisi Jalan	Deskripsi Bahaya	Penanganan yang Direkomendasikan	Gambar
1	Pohon besar di tepi jalan	Kendaraan yang keluar jalur dapat menabrak pohon sehingga menimbulkan cedera berat atau fatal	Memindahkan pohon dari <i>clear zone</i> atau memasang <i>guardrail</i>	
2	Tiang listrik	Benturan dengan tiang dapat menyebabkan kerusakan parah pada kendaraan	Memindahkan tiang atau menggunakan <i>breakaway pole</i>	

3	Tiang lampu penerangan jalan	Menjadi penghalang keras yang meningkatkan tingkat keparahan kecelakaan	Menempatkan di luar <i>clear zone</i>	
4	Parit di tepi jalan	Kendaraan dapat terperosok dan mengalami kecelakaan fatal	<i>Guardrail</i> dan perlindungan lereng	
5	Bangunan dekat badan jalan	Kendaraan yang keluar jalur dapat langsung menabrak bangunan	Menambah setback atau jarak bangunan	
6	Pagar beton	Meningkatkan keparahan benturan	Penggunaan pagar yang lebih aman	

Berdasarkan hasil identifikasi dan mengacu pada WHO Global Status Report on Road Safety 2023 [1], ditemukan beberapa bahaya sisi jalan yang berpotensi meningkatkan tingkat keparahan kecelakaan. Bahaya tersebut meliputi objek tetap (*fixed objects*) seperti pohon, tiang listrik, dan tiang lampu; bahaya geometrik (*geometric hazards*) seperti drainase terbuka, parit, dan lereng curam; serta struktur kaku (*rigid structures*) seperti dinding beton, bangunan dekat jalan, dan tiang jembatan.

Keberadaan objek dan kondisi tersebut dapat menyebabkan cedera berat hingga fatal apabila kendaraan keluar jalur dan menabrak hambatan di sisi jalan. Dari hasil identifikasi, pohon, tiang listrik, tebing, dinding beton, dan tiang jembatan termasuk kategori risiko sangat tinggi karena memiliki potensi fatalitas yang besar.

Temuan ini menunjukkan bahwa kondisi sisi jalan belum sepenuhnya memenuhi prinsip *Safe Roads and Roadsides* yang menekankan penyediaan area bebas hambatan (*clear zone*) dan perlindungan terhadap objek berbahaya. Oleh karena itu, diperlukan upaya mitigasi berupa pemindahan hambatan, pemasangan *guardrail*, perbaikan drainase, serta peningkatan fasilitas keselamatan jalan guna mengurangi risiko kecelakaan dan dampak fatal yang ditimbulkan.

D. Estimasi Model Regresi Logistik Biner

Dari hasil iterasi komputasi data lapangan (kombinasi kejadian kecelakaan, skor bahaya sisi jalan, dan parameter kecepatan), diperoleh estimasi parameter model sebagai berikut:

$$P(Y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + 0,599X_1 + 0,501X_2)}} \quad (2)$$

dengan nilai koefisien X_1 dan X_2 diturunkan dari nilai *odds ratio* (OR) hasil estimasi model ($\beta = \ln \text{OR}$).

1. Uji Kelayakan Model: nilai Nagelkerke R Square sebesar 0,61 mengindikasikan bahwa variabilitas risiko kecelakaan sepeda motor mampu dijelaskan sebesar 61% oleh variabel bahaya sisi jalan (X_1) dan kecepatan kendaraan (X_2), sementara 39% sisanya dijelaskan oleh faktor lain di luar model.
2. *Odds Ratio* (OR): variabel bahaya sisi jalan memiliki nilai OR 1,82. Artinya, setiap kenaikan satu satuan skala intensitas bahaya sisi jalan (misal peningkatan kerapatan objek tetap atau intensitas konflik akses), probabilitas terjadinya kecelakaan sepeda motor meningkat sebesar 1,82 kali lipat, dengan asumsi variabel kecepatan konstan. Sementara itu, setiap peningkatan kecepatan sebesar satu satuan akan meningkatkan risiko kecelakaan sebesar 1,65 kali lipat.

E. Interpretasi Hasil Pembahasan

Hubungan kausalitas antara bahaya sisi jalan dengan risiko kecelakaan sepeda motor didasari oleh keterbatasan persepsi visual dan stabilitas mekanis kendaraan roda dua. Eksistensi objek tetap tegar yang terlalu dekat dengan lajur edar memotong batas toleransi ruang bagi pengendara yang mengalami selip atau gangguan keseimbangan.

Hasil pemodelan ini didukung oleh studi empiris yang menyatakan bahwa pada koridor jalan dengan kepadatan objek sisi jalan tinggi, pergerakan sepeda motor cenderung tidak konstan (*erratic*) akibat pengendara yang secara konstan melakukan pengereman mikro guna menghindari benturan samping [3]. Ketika manuver mikro ini dibarengi dengan kecepatan operasional tinggi, jarak berhenti aman yang tersedia melampaui jarak pandang henti nyata, sehingga tabrakan menjadi lebih sulit dihindari.

Lebih lanjut, hasil ini juga sejalan dengan kajian teori regresi logistik keselamatan jalan dari Abid et al. [9], yang memperlihatkan bahwa reduksi terhadap objek tetap di sisi jalan (misalnya penyediaan zona bebas samping yang steril) mampu menurunkan probabilitas kecelakaan tipe *run-off-road* hingga 40%. Oleh karena itu, kontrol rekayasa terhadap elemen bahaya sisi jalan [10], [11], [12] terbukti memiliki tingkat efektivitas yang sepadan dengan penegakan hukum batas kecepatan operasional kendaraan [13], [14], [15].

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil menjawab tujuan kajian mengenai identifikasi karakteristik bahaya sisi jalan dan pemodelan prediktif risiko kecelakaan tunggal sepeda motor pada ruas Jalan Inspeksi Kalimalang, Kabupaten Bekasi. Hasil observasi lapangan menunjukkan bahwa karakteristik bahaya sisi jalan (*road-side hazard*) pada lokasi studi berada dalam kondisi kritis, didominasi oleh penempatan objek tetap berupa tiang utilitas dan pohon berdiameter besar yang melanggar batas ruang aman (*clear zone*), diperparah oleh aktivitas parkir liar dan akses keluar-masuk guna lahan komersial yang tidak terkontrol. Data historis 2020–2025 memperlihatkan tren peningkatan jumlah kecelakaan sepeda motor secara konsisten, sejalan dengan hasil regresi logistik biner yang menunjukkan bahwa variabel bahaya sisi jalan ($OR = 1,82$) dan kecepatan operasional kendaraan ($OR = 1,65$) berpengaruh signifikan terhadap peningkatan probabilitas kecelakaan tunggal sepeda motor, dengan kemampuan model menjelaskan 61% variabilitas risiko (Nagelkerke $R^2 = 0,61$). Temuan ini menegaskan bahwa penanganan bahaya sisi jalan melalui pemindahan objek tetap, pemasangan guardrail, perbaikan drainase, dan pengendalian akses sisi jalan perlu menjadi prioritas dalam program peningkatan keselamatan jalan perkotaan, sejalan dengan prinsip *Safe Roads and Roadsides*. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan pemantauan longitudinal multi-tahun, pemetaan *blackspot* berbasis GIS, serta analisis biaya-manfaat (*cost-benefit*) terhadap alternatif penanganan rekayasa sisi jalan agar hasil penelitian dapat diterjemahkan menjadi program mitigasi yang lebih terukur dan dapat direplikasi pada ruas jalan perkotaan lain dengan karakteristik lalu lintas serupa.

REFERENSI

- [1] World Health Organization, *Global Status Report on Road Safety 2023*. 2023.
- [2] P. Huertas-Leyva, N. Baldanzini, G. Savino, dan M. Pierini, “Human Error in Motorcycle Crashes: A Methodology Based on In-depth Data to Identify The Skills Needed and Support Training Interventions for Safe Riding,” *Traffic Inj. Prev.*, vol. 22, no. 4, hal. 294–300, 2021, doi: 10.1080/15389588.2021.1896714.

- [3] D. P. Santosa, S. Mayuni, H. H. Sugasta, dan F. Adibah, "The Influence of Risk Perception and Risky Riding Behavior on Motorcycle Accident Involvement among Young Riders in Surabaya," *Jurnal Teknik Sipil*. vol. 26, no. 1, hal. 2732–2742, 2026.
- [4] N. Behboudi, S. Moosavi, dan R. Ramnath, "Recent Advances in Traffic Accident Analysis and Prediction: A Comprehensive Review of Machine Learning Techniques," 2024.
- [5] A. I. Yunus *et al.*, "Perencanaan geometrik jalan," *Get Press Indones.*, no. March 2025, hal. 1–65, 2023.
- [6] P. Rodegast, S. Maier, J. Kneifl, dan J. Fehr, "On Using Machine Learning Algorithms for Motorcycle Collision Detection," *Discov. Appl. Sci.*, vol. 6, no. 6, hal. 326, Jun 2024, doi: 10.1007/s42452-024-06014-w.
- [7] R. H. Lubis, dan D. Mardiana, "Analysis of Risk Factor Traffic Crashes and Implementation of Road Safety: A Systematic Literature Review," *J. Kesehat.*, vol. 7, no. 2, hal. 161–175, 2024, doi: 10.23917/jk.v17i2.5354.
- [8] E. Kozłowski, M. Traczyński, P. Skoczyński, P. Jaskowski, dan R. Madlenak, "Risk Factor Analysis of Single Motorcycle Accidents in Road Traffic," *Appl. Sci.*, vol. 16, no. 3, hal. 1–32, 2026, doi: 10.3390/app16031629.
- [9] M. S. Abid, M. Hussain, S. Nabi, T. Sehar, D. Hussain, dan Y. H. Gu, "Improving road safety in smart cities using machine learning techniques," *Sci. Rep.*, vol. 16, no. 1, hal. 1–25, 2026, doi: 10.1038/s41598-026-36795-6.
- [10] A.T. Sombolinggi , "Analisis Keselamatan Jalan Terhadap Persepsi Tingkat Risiko Kecelakaan Ruas Rantepao–Sa'dan," *PCEJ.*, vol. 7, no. 4, hal. 592–603, Dec. 2025, doi: 10.52722/qweefk21.
- [11] R. Indasari , "Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kondisi Korban Kecelakaan Lalu Lintas pada Pengendara Sepeda Motor di Daerah Mimika, Papua, Tahun 2022," *J. Kesmas.*, vol. 8, no. 2, hal. 71–80, 2024.
- [12] V.E. Layuk , "Evaluasi Laik Fungsi Jalan Menggunakan Pemeringkatan Skala Bintang Pada Ruas Jalan Masjid Raya, Kota Makassar," *PCEJ.*, vol. 7, no. 2, pp. 267–274, Jun. 2025, doi: 10.52722/6my9j536.
- [13] A. Maryani, " Faktor Penyebab Kecelakaan Sepeda Motor: Studi Literatur", *Jurnal Intech*, vol. 10, no.1, hal. 25-32. Juni 2024.
- [14] A.A.Mauludi, " Perilaku BerisikoSebagai Faktor Penyebab Kecelakaan Pada Pengemudi Sepeda Motor Komersial: Systematic Review", *Indonesia Journal of Road Safety*, vol. 8, no.1, 2021.
- [15] R. Anggraini, " Persepsi Keselamatan Berkendara Pengguna Sepeda Motor di Kota Banda Aceh terhadap Pelanggaran Lalu Lintas dan Kelengkapan Atribut", *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 28, no. 3, 2021