

Tingkat Kecelakaan (*Accident Rate*) dan Hubungannya dengan Volume Lalu Lintas pada Ruas Jalan Tol Becakayu

Figry Ihsan Novriardo, Darmawan Pontan

Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Trisakti

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Accident Rate; Volume Lalu Lintas; Jalan Tol Becakayu; Korelasi Pearson.

***Correspondence email:**

151012400035@std.trisakti.ac.id;
darmawan@trisakti.ac.id

Submitted: 16 Januari 2026

Revised: 17 Februari 2026

Accepted: 18 Februari 2026

Published: 20 Februari 2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kecelakaan lalu lintas (*accident rate*) serta hubungannya dengan volume lalu lintas pada ruas Jalan Tol Becakayu selama periode 2020–2024. Pendekatan penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dengan memanfaatkan data sekunder berupa data volume lalu lintas dan catatan kecelakaan yang diperoleh dari Badan Usaha Jalan Tol (BUJT) PT Kresna Kusuma Dyandra Marga. Data dianalisis secara tahunan dengan menghitung *accident rate* berdasarkan standar kecelakaan per 100 juta kendaraan-kilometer, dengan panjang ruas jalan 16,78 km. Metode analisis meliputi statistik deskriptif, perhitungan *accident rate*, serta uji korelasi Pearson untuk menguji hubungan antara Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) dengan jumlah kecelakaan dan *accident rate*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan volume lalu lintas diikuti oleh peningkatan jumlah kecelakaan, namun nilai *accident rate* cenderung berfluktuasi dan menunjukkan korelasi negatif terhadap volume lalu lintas. Uji korelasi menunjukkan hubungan positif yang sangat kuat antara volume lalu lintas dan jumlah kecelakaan, serta hubungan negatif yang kuat antara volume lalu lintas dan *accident rate*. Temuan ini mengindikasikan adanya perbedaan antara frekuensi kecelakaan secara absolut dan risiko relatif per kendaraan. Oleh karena itu, evaluasi keselamatan jalan tol perlu mengombinasikan indikator jumlah kecelakaan dan indikator berbasis paparan untuk memperoleh interpretasi risiko yang lebih komprehensif.

ABSTRACT

Keywords:

Accident Rate; Traffic Volume; Becakayu Toll Road; Pearson Correlation.

This study aims to analyze the traffic accident rate and its relationship with traffic volume on the Becakayu Toll Road during the 2020–2024 period. A quantitative research approach was employed using secondary data in the form of traffic volume data and accident records obtained from the Toll Road Operating Agency (BUJT) PT Kresna Kusuma Dyandra Marga. The data were analyzed on an annual basis by calculating the accident rate based on the standard number of accidents per 100 million vehicle-kilometers, with a section length of 16.78 km. The analytical methods included descriptive statistics, accident rate calculation, and Pearson correlation analysis to examine the relationship between Average Daily Traffic (ADT) and the number of accidents as well as the accident rate. The results indicate that an increase in traffic volume is followed by an increase in the number of accidents; however, the accident rate tends to fluctuate and shows a negative correlation with traffic volume. The correlation analysis reveals a very strong positive relationship between traffic volume and the number of accidents, as well as a strong negative relationship between traffic volume and the accident rate. These findings indicate a distinction between absolute accident frequency and relative risk per vehicle. Therefore, toll road safety evaluations should combine absolute accident indicators and exposure-based indicators to obtain a more comprehensive interpretation of traffic risk.

PENDAHULUAN

Keselamatan lalu lintas merupakan aspek penting dalam pengelolaan prasarana transportasi jalan, khususnya pada ruas jalan tol yang memiliki karakteristik volume lalu lintas dan kecepatan kendaraan yang relatif tinggi. Evaluasi keselamatan lalu lintas pada jalan tol umumnya dilakukan berdasarkan data kecelakaan lalu lintas yang tercatat dalam periode tertentu dan digunakan untuk menggambarkan kondisi keselamatan serta sebagai dasar dalam pengambilan keputusan pengelolaan jalan (Alfayed Achmad; Junaenah, 2024), (Saputra et al., 2025).

Dalam praktik evaluasi keselamatan lalu lintas, indikator yang paling sering digunakan adalah jumlah kecelakaan lalu lintas. Indikator ini mudah dipahami dan tersedia secara rutin, namun memiliki keterbatasan karena tidak mempertimbangkan besarnya volume lalu lintas yang melintas pada suatu ruas jalan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ruas jalan dengan volume lalu lintas tinggi cenderung memiliki jumlah kecelakaan yang lebih besar dibandingkan ruas dengan volume lalu lintas rendah, meskipun tingkat risiko kecelakaan relatif per kendaraan belum tentu lebih tinggi (Kassu & Hasan, 2020).

Keterbatasan penggunaan jumlah kecelakaan sebagai satu-satunya indikator mendorong penggunaan indikator tingkat kecelakaan yang mempertimbangkan paparan lalu lintas. Salah satu indikator yang banyak digunakan dalam penelitian keselamatan jalan di Indonesia adalah *accident rate*, yaitu tingkat kecelakaan lalu lintas yang dinormalisasi terhadap volume lalu lintas dan panjang ruas jalan. Penggunaan *accident rate* bertujuan untuk memberikan gambaran risiko kecelakaan relatif yang lebih proporsional dan memungkinkan perbandingan tingkat keselamatan antar-ruas jalan atau antar-periode waktu (Alfayed Achmad; Junaenah, 2024), (Setyarini & Lukito, 2020).

Penelitian keselamatan lalu lintas pada ruas jalan tol di Indonesia menunjukkan bahwa peningkatan volume lalu lintas umumnya diikuti oleh peningkatan jumlah kecelakaan lalu lintas secara absolut. Namun demikian, ketika kecelakaan dianalisis menggunakan *accident rate*, hubungan yang diperoleh tidak selalu searah dengan hubungan antara volume lalu lintas dan jumlah kecelakaan. Pada beberapa ruas jalan tol, *accident rate* menunjukkan kecenderungan stabil atau menurun meskipun volume lalu lintas meningkat, yang mengindikasikan adanya perbedaan antara frekuensi kejadian kecelakaan dan tingkat risiko kecelakaan relatif (Muto'in & Utami, 2022).

Penelitian lain juga menunjukkan bahwa hubungan antara volume lalu lintas dan kecelakaan lalu lintas bersifat kompleks dan tidak selalu linear. Oleh karena itu, evaluasi keselamatan lalu lintas perlu membedakan antara indikator frekuensi kecelakaan dan indikator risiko relatif agar interpretasi kondisi keselamatan suatu ruas jalan menjadi lebih tepat dan tidak menimbulkan kesimpulan yang menyesatkan (Wibisono et al., 2019).

Jalan Tol Becakayu merupakan salah satu ruas jalan tol perkotaan yang melayani pergerakan lalu lintas dengan volume kendaraan yang relatif tinggi dan berperan penting dalam sistem transportasi wilayah Jakarta dan sekitarnya. Berdasarkan data kecelakaan lalu lintas dan data volume lalu lintas yang tersedia selama periode tahun 2020–2024, terdapat variasi jumlah kecelakaan lalu lintas yang terjadi seiring dengan perubahan volume lalu lintas pada ruas tersebut. Seluruh kejadian kecelakaan yang tercatat pada periode penelitian termasuk dalam kategori luka ringan, sehingga evaluasi keselamatan pada ruas ini lebih relevan difokuskan pada tingkat risiko kecelakaan relatif dibandingkan analisis tingkat keparahan korban (Muto'in & Utami, 2022), (Afrianto, 2024).

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu penelitian yang secara khusus menganalisis tingkat kecelakaan lalu lintas menggunakan *accident rate* serta mengkaji hubungan antara volume lalu lintas dengan *accident rate* dan jumlah kecelakaan lalu lintas pada ruas Jalan Tol Becakayu. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih objektif dan proporsional mengenai kondisi keselamatan lalu lintas, sekaligus memperjelas perbedaan antara peningkatan frekuensi kecelakaan dan perubahan tingkat risiko kecelakaan relatif pada jalan tol perkotaan (Ridha et al., 2014).

METODE

Deskripsi Lokasi Penelitian



Gambar 1. Lokasi Tol Becakayu

Sumber: PT Kresna Kusuma Dyandra Marga (KKDM), Peta Trase Jalan Tol Bekasi–Cawang–Kampung Melayu (Becakayu), diakses tahun 2024.

Gambar 1 di atas memperlihatkan peta trase Jalan Tol Bekasi–Cawang–Kampung Melayu (Becakayu) yang dikelola oleh PT Kresna Kusuma Dyandra Marga (KKDM). Peta menunjukkan pembagian ruas tol berdasarkan status operasi dan rencana, lengkap dengan lokasi gerbang tol, barrier gate, serta koneksi on-ramp dan off-ramp. Total panjang trase Tol Becakayu adalah 23,68 km, namun panjang ruas operasional yang dianalisis dalam penelitian ini adalah 16,78 km, yang terdiri atas beberapa seksi, antara lain Seksi IB–IC dan Seksi IIA yang telah beroperasi, serta Seksi IIB yang masih dalam tahap perencanaan. Gambar ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai jaringan, fungsi, dan keterhubungan Tol Becakayu sebagai bagian dari sistem transportasi utama di wilayah Jakarta Timur dan Bekasi.

Penelitian ini dilakukan di Jalan Tol Becakayu, salah satu ruas tol strategis yang menghubungkan wilayah Bekasi, Jakarta Timur, dan sekitarnya, serta berperan penting dalam mendukung mobilitas perkotaan dan mengurangi kepadatan jalan arteri. Secara administratif, ruas tol ini dikelola oleh Badan Usaha Jalan Tol (BUJT) PT Kresna Kusuma Dyandra Marga (KKDM) dan mengalami perkembangan bertahap hingga beroperasi penuh, yang menyebabkan peningkatan volume lalu lintas secara signifikan. Kondisi tersebut menjadikan Jalan Tol Becakayu relevan sebagai objek penelitian keselamatan lalu lintas jalan tol perkotaan.

Karakteristik lalu lintas didominasi kendaraan ringan dan kendaraan pribadi dengan variasi volume yang cukup tinggi pada waktu tertentu, sehingga berpotensi memengaruhi tingkat keselamatan, khususnya pada jam sibuk (Hanafi et al., 2019). Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada intensitas lalu lintas, ketersediaan data, serta kesesuaian dengan tujuan penelitian.

Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang bersumber dari PT Kresna Kusuma Dyandra Marga (KKDM), meliputi data volume lalu lintas dan data kecelakaan pada periode 2020–2024. Data tersebut digunakan untuk menganalisis tingkat keselamatan lalu lintas melalui pendekatan *accident rate* dan analisis korelasi, guna memperoleh gambaran komprehensif mengenai kondisi keselamatan lalu lintas di Jalan Tol Becakayu.

Data penelitian merupakan data sekunder resmi dari BUJT PT Kresna Kusuma Dyandra Marga (KKDM) yang mencakup data volume lalu lintas sebagai indikator tingkat paparan lalu lintas, serta data kecelakaan lalu lintas yang memuat jumlah kejadian, tingkat keparahan korban, dan jenis kendaraan yang terlibat. Rentang data tahun 2020–2024 memungkinkan analisis tren dan evaluasi perubahan tingkat keselamatan lalu lintas secara berkelanjutan.

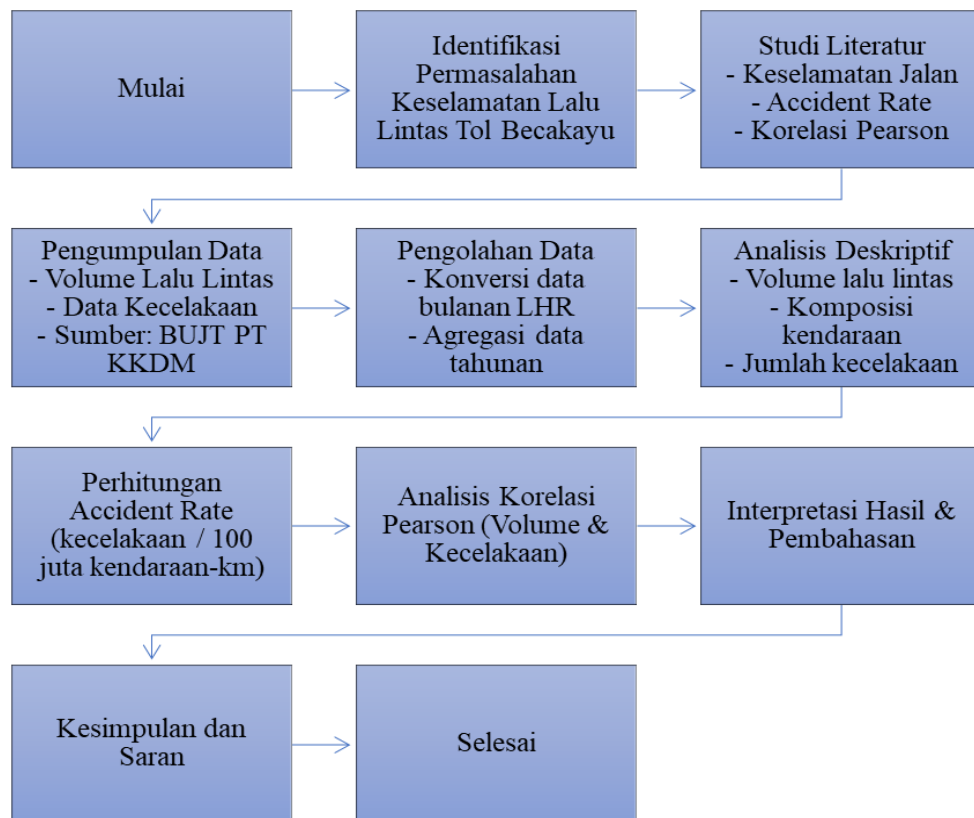
Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif dan analitis untuk mengkaji tingkat keselamatan lalu lintas di Jalan Tol Becakayu berdasarkan volume lalu lintas dan jumlah kecelakaan. Pendekatan kuantitatif dipilih karena data yang digunakan bersifat numerik dan dapat dianalisis secara statistik sehingga menghasilkan temuan yang objektif dan terukur.

Sifat deskriptif bertujuan menggambarkan kondisi keselamatan lalu lintas, sedangkan sifat analitis digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara volume lalu lintas dan tingkat kecelakaan (*accident rate*). Penelitian ini tidak menekankan hubungan sebab–akibat, melainkan kecenderungan hubungan antarvariabel.

Lokasi penelitian berada di Jalan Tol Becakayu yang dikelola oleh PT Kresna Kusuma Dyandra Marga (KKDM), dengan periode penelitian tahun 2020–2024. Pemilihan lokasi didasarkan pada tingginya aktivitas lalu lintas, perkembangan operasional ruas tol, serta ketersediaan data yang lengkap dan terdokumentasi dengan baik, sehingga mendukung analisis keselamatan lalu lintas secara komprehensif.

Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Gambar 2 tersebut menunjukkan diagram alir tahapan metodologi penelitian terkait analisis keselamatan lalu lintas di Jalan Tol Becakayu. Alur dimulai dari identifikasi permasalahan keselamatan lalu lintas, dilanjutkan dengan studi literatur mengenai keselamatan jalan, *accident rate*, dan korelasi Pearson. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data volume lalu lintas dan data kecelakaan yang bersumber dari BUJT PT KKDM, kemudian data diolah melalui konversi ke LHR dan agregasi tahunan. Tahap berikutnya mencakup analisis deskriptif (volume, komposisi kendaraan, dan jumlah kecelakaan), perhitungan *accident rate*, serta analisis korelasi Pearson antara volume lalu lintas dan kecelakaan. Proses penelitian diakhiri dengan interpretasi hasil, penarikan kesimpulan, dan pemberian saran hingga penelitian dinyatakan selesai (Sari et al., 2023).

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan secara sistematis untuk mendukung analisis tingkat keselamatan lalu lintas di Jalan Tol Becakayu. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari PT Kresna Kusuma Dyandra Marga (KKDM) sebagai pengelola jalan tol. Data tersebut bersifat historis, terukur, dan terdokumentasi secara resmi, sehingga layak digunakan sebagai dasar analisis ilmiah.

Data yang dikumpulkan meliputi data volume lalu lintas bulanan dan data kecelakaan lalu lintas periode 2020–2024. Data volume lalu lintas digunakan untuk menggambarkan tingkat aktivitas lalu lintas, sedangkan data kecelakaan mencakup jumlah kejadian, tingkat keparahan korban, serta jenis kendaraan yang terlibat. Pengumpulan data dilakukan melalui metode dokumentasi dengan menelaah dokumen resmi dari KKDM. Data yang tidak lengkap atau tidak relevan diseleksi dan tidak digunakan dalam analisis. Seluruh data kemudian disusun dalam bentuk deret waktu untuk memudahkan analisis tren dan hubungan antara volume lalu lintas dan tingkat kecelakaan.

Analisis Data

Analisis data bertujuan untuk mengetahui tingkat keselamatan lalu lintas di Jalan Tol Becakayu serta hubungan antara volume lalu lintas dan tingkat kecelakaan. Tahap awal dilakukan melalui analisis deskriptif dengan menyajikan data dalam bentuk tabel dan grafik guna menggambarkan pola perubahan volume lalu lintas, jumlah kecelakaan, serta karakteristik kecelakaan berdasarkan tingkat keparahan korban dan jenis kendaraan (Sari et al., 2023).

Selanjutnya, dilakukan analisis tingkat kecelakaan menggunakan metode *accident rate*. Metode ini digunakan untuk mengukur risiko kecelakaan secara proporsional dengan mempertimbangkan volume lalu lintas dan panjang ruas jalan, sehingga memungkinkan perbandingan tingkat kecelakaan antarperiode secara lebih objektif dan tidak hanya bergantung pada jumlah kejadian kecelakaan (Weimintoro et al., 2025).

Perhitungan tingkat kecelakaan (*accident rate*) dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$T_k = (F_k \times 10^8) / (LHR_t \times n \times L \times 365)$$

dengan keterangan:

- a) T_k = tingkat kecelakaan (100 JPKP)
- b) F_k = frekuensi kecelakaan pada ruas jalan selama periode pengamatan
- c) LHR_t = lalu lintas harian rata-rata (kendaraan/hari)
- d) n = jumlah tahun pengamatan
- e) L = panjang ruas jalan (km)
- f) 100 JPKP = satuan kecelakaan per seratus juta perjalanan kendaraan per kilometer

Rumus tingkat kecelakaan mengacu pada pedoman Kementerian PUPR yang bersifat umum untuk periode pengamatan lebih dari satu tahun. Dalam penelitian ini, perhitungan *accident rate* dilakukan secara tahunan sehingga nilai n ditetapkan sebesar 1.

Nilai *accident rate* yang diperoleh digunakan untuk menggambarkan tingkat kecelakaan lalu lintas pada Jalan Tol Becakayu serta untuk mengetahui perubahan tingkat risiko kecelakaan dari waktu ke waktu.

Setelah diperoleh nilai *accident rate*, dilakukan analisis hubungan antara volume lalu lintas dan tingkat kecelakaan menggunakan metode korelasi Pearson. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan dan arah hubungan antara volume lalu lintas dan tingkat kecelakaan.

Rumus korelasi Pearson yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$r = [n(\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)] / \sqrt{ [n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2] [n(\Sigma Y^2) - (\Sigma Y)^2] }$$

dengan keterangan:

- a) r = koefisien korelasi Pearson
- b) X = volume lalu lintas
- c) Y = tingkat kecelakaan (*accident rate*) / jumlah kecelakaan
- d) n = jumlah data pengamatan

Nilai koefisien korelasi Pearson berada pada rentang -1 hingga $+1$. Untuk memudahkan interpretasi, tingkat hubungan antarvariabel diklasifikasikan sebagai berikut:

- a) $0,00 - 0,19$: hubungan sangat lemah
- b) $0,20 - 0,39$: hubungan lemah
- c) $0,40 - 0,59$: hubungan sedang
- d) $0,60 - 0,79$: hubungan kuat
- e) $0,80 - 1,00$: hubungan sangat kuat

Interpretasi nilai korelasi digunakan untuk mengetahui sejauh mana perubahan volume lalu lintas berhubungan dengan perubahan tingkat kecelakaan (*accident rate*). Namun, hasil korelasi tidak diartikan sebagai hubungan sebab-akibat, melainkan sebagai indikator kekuatan hubungan antarvariabel dalam konteks keselamatan lalu lintas.

Hasil analisis deskriptif, perhitungan *accident rate*, serta analisis korelasi Pearson selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam pembahasan hasil penelitian dan penarikan kesimpulan mengenai kondisi keselamatan lalu lintas pada Jalan Tol Becakayu.

HASIL

Gambaran Umum Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder resmi dari pengelola Jalan Tol Becakayu untuk periode 2020–2024. Variabel yang dianalisis meliputi jumlah kecelakaan tahunan, volume lalu lintas (dinyatakan sebagai Lalu Lintas Harian Rata-rata), komposisi kendaraan menurut golongan, kategori keparahan korban, faktor penyebab kecelakaan, serta perhitungan tingkat kecelakaan relatif (*accident rate*).

Analisis Volume Lalu Lintas

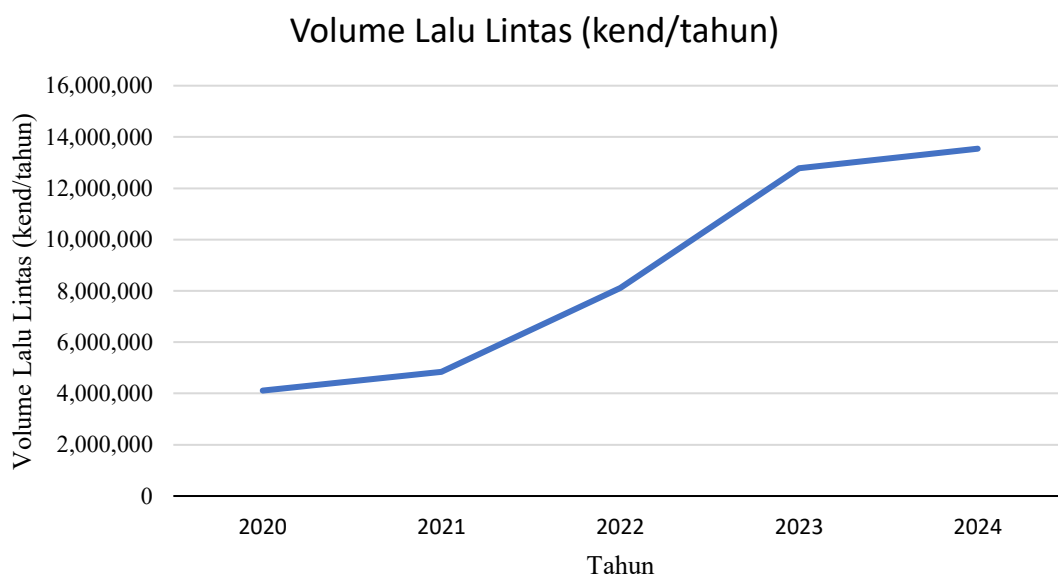
Volume Lalu Lintas Tahunan

Tabel 1. Data Volume Lalu Lintas

Tahun	Volume Lalu Lintas (kend/tahun)
2020	4.111.594
2021	4.840.262
2022	8.109.275
2023	12.786.295
2024	13.542.880

Tabel di atas menunjukkan tren peningkatan volume lalu lintas tahunan pada periode 2020–2024. Pada tahun 2020 tercatat volume lalu lintas sebesar 4.111.594 kendaraan, yang kemudian meningkat menjadi 4.840.262 kendaraan pada 2021. Kenaikan yang cukup signifikan terjadi pada tahun 2022 dengan volume mencapai 8.109.275 kendaraan, dan terus meningkat tajam pada 2023 menjadi 12.786.295 kendaraan. Pada tahun 2024, volume lalu lintas masih menunjukkan pertumbuhan hingga mencapai 13.542.880 kendaraan. Secara keseluruhan, data ini mengindikasikan adanya pertumbuhan lalu lintas yang konsisten dan signifikan, yang mencerminkan peningkatan penggunaan ruas jalan dalam lima tahun terakhir.

Berdasarkan data volume lalu lintas tersebut menampilkan nilai total volume lalu lintas tahunan pada ruas Jalan Tol Becakayu selama 2020–2024. Data menunjukkan peningkatan tahunan yang substansial, dari sekitar 4,11 juta kendaraan pada 2020 meningkat menjadi lebih dari 13,5 juta kendaraan pada 2024. Pola kenaikan ini tidak linier melainkan akseleratif terutama pada periode 2022–2023, yang konsisten dengan pemulihan mobilitas pasca-pandemi dan peningkatan konektivitas ruas. Kenaikan LHR tahunan mengindikasikan peningkatan paparan kendaraan terhadap peluang terjadinya kecelakaan sebuah aspek penting yang harus selalu dipertimbangkan saat menilai kinerja keselamatan.



Gambar 3. Grafik Pola Volume Lalu Lintas Tahunan

Gambar 3 tersebut menunjukkan tren peningkatan volume lalu lintas (kendaraan/tahun) pada periode 2020–2024. Terlihat bahwa volume lalu lintas meningkat secara bertahap dari sekitar 4 juta kendaraan pada tahun 2020 menjadi lebih dari 13 juta kendaraan pada tahun 2024. Kenaikan yang cukup signifikan terjadi pada periode 2022–2023, yang mengindikasikan adanya lonjakan mobilitas pengguna jalan. Secara umum, grafik ini menggambarkan pertumbuhan lalu lintas yang konsisten dari tahun ke tahun, yang berpotensi berdampak pada tingkat pelayanan jalan dan risiko keselamatan lalu lintas.

Grafik pola volume lalu lintas memperkuat pembacaan tabel dengan menampilkan tren kenaikan LHR dari tahun ke tahun. Meskipun grafik menunjukkan fluktuasi antar-bulan yang akan dibahas pada subbab selanjutnya, gambaran makro adalah adanya tren kenaikan permanen dalam intensitas penggunaan ruas. Dampak operasional dari tren ini meliputi peningkatan beban layanan, potensi peningkatan konflik antar pengguna, dan kebutuhan perencanaan manajemen lalu lintas yang lebih intensif oleh pengelola BUJT.

Volume Lalu Lintas Berdasarkan Golongan Kendaraan

Tabel 2. Data Volume Lalu Lintas Berdasarkan Golongan Kendaraan

Tahun	Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V
2020	4.091.040	14.444	4.224	1.226	660
2021	4.821.487	15.372	1.547	1.111	745
2022	8.075.456	28.301	3.451	911	1.156
2023	12.724.294	46.856	9.860	2.880	2.405
2024	13.475.368	52.285	8.161	3.685	3.381

Tabel 2 di atas menunjukkan perkembangan volume lalu lintas berdasarkan golongan kendaraan (Gol I–Gol V) pada periode 2020–2024. Secara umum, Gol I mendominasi volume lalu lintas di setiap tahun dan mengalami peningkatan yang sangat signifikan, dari sekitar 4,09 juta kendaraan pada 2020 menjadi 13,48 juta kendaraan pada 2024, yang mencerminkan pertumbuhan kendaraan ringan dan mobil penumpang.

Golongan kendaraan lainnya (Gol II–Gol V) juga menunjukkan tren meningkat, meskipun dengan volume yang jauh lebih kecil dibandingkan Gol I. Peningkatan paling mencolok pada golongan berat terjadi pada periode 2022–2023, yang mengindikasikan meningkatnya aktivitas angkutan barang dan distribusi logistik. Secara keseluruhan, tabel ini menggambarkan kenaikan intensitas penggunaan ruas jalan dari tahun ke tahun, baik oleh kendaraan ringan maupun kendaraan berat, yang berimplikasi pada kebutuhan pengelolaan kapasitas dan keselamatan jalan.

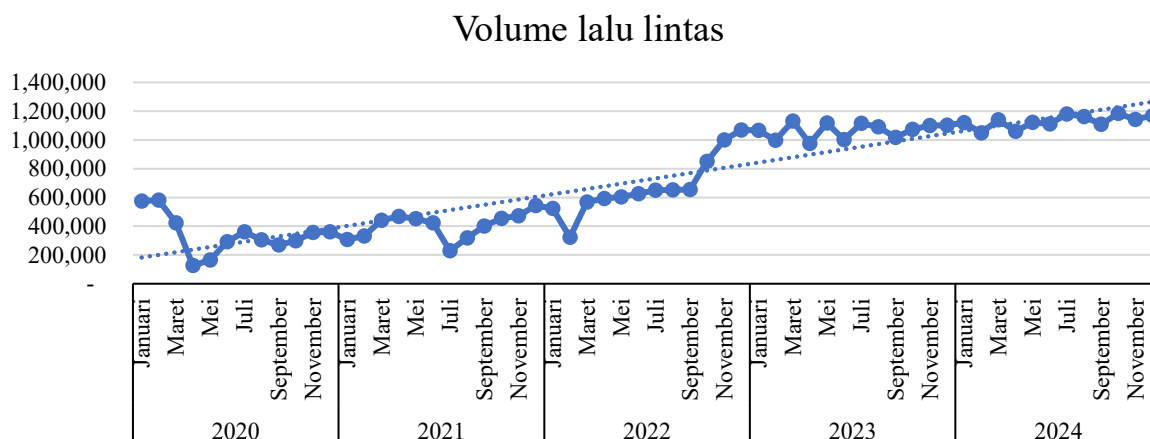
Distribusi menurut golongan kendaraan mengindikasikan dominasi kendaraan Golongan I (kendaraan ringan/pribadi) di seluruh periode, dengan kontribusi lebih dari 99% terhadap total volume. Kontribusi sangat kecil dari kendaraan golongan II hingga V menandakan bahwa arus lalu lintas di ruas ini didominasi oleh kendaraan pribadi dan kendaraan ringan. Komposisi semacam ini relevan untuk interpretasi karakteristik kecelakaan: dominasi kendaraan ringan umumnya berkaitan dengan frekuensi kecelakaan yang lebih tinggi namun cenderung menghasilkan dampak fisik yang lebih ringan dibandingkan kecelakaan yang melibatkan kendaraan berat.

Volume Lalu Lintas Bulanan

Tabel 3. Data Volume Lalu Lintas Bulanan

Bulan	Tahun				
	2020	2021	2022	2023	2024
Januari	573.965	306.391	523.840	1.066.813	1.119.669
Februari	580.692	331.545	323.743	997.500	1.048.942
Maret	422.633	441.156	568.054	1.130.388	1.139.257
April	126.628	468.623	591.855	975.521	1.058.696
Mei	164.290	452.161	602.590	1.117.266	1.120.922
Juni	290.980	422.714	624.904	1.000.869	1.109.842
Juli	360.734	228.516	650.665	1.114.590	1.179.968
Agustus	304.089	317.703	652.209	1.090.075	1.162.802
September	270.174	401.401	653.959	1.018.375	1.107.877
Oktober	299.142	453.667	850.637	1.073.023	1.183.454
November	357.187	472.271	998.835	1.099.398	1.142.709
Desember	361.080	544.114	1.067.984	1.102.477	1.168.742

Tabel 3 tersebut menyajikan distribusi volume lalu lintas bulanan pada periode 2020–2024. Terlihat bahwa pada tahun 2020–2021 volume lalu lintas relatif lebih rendah dan berfluktuasi, terutama pada bulan April–Mei, yang mencerminkan penurunan mobilitas. Mulai tahun 2022, terjadi peningkatan volume lalu lintas yang lebih stabil di hampir seluruh bulan. Pada tahun 2023 dan 2024, volume lalu lintas menunjukkan kenaikan yang signifikan dan konsisten, dengan rata-rata bulanan melampaui 1 juta kendaraan, serta puncak volume umumnya terjadi pada bulan Maret, Juli, Oktober, dan Desember. Pola ini mengindikasikan meningkatnya aktivitas perjalanan dan mobilitas masyarakat dari tahun ke tahun, sekaligus menunjukkan adanya pola musiman yang berpotensi berpengaruh terhadap kinerja dan keselamatan ruas jalan.



Gambar 4. Grafik Pola Volume Lalu Lintas Bulanan Selama 5 Tahun

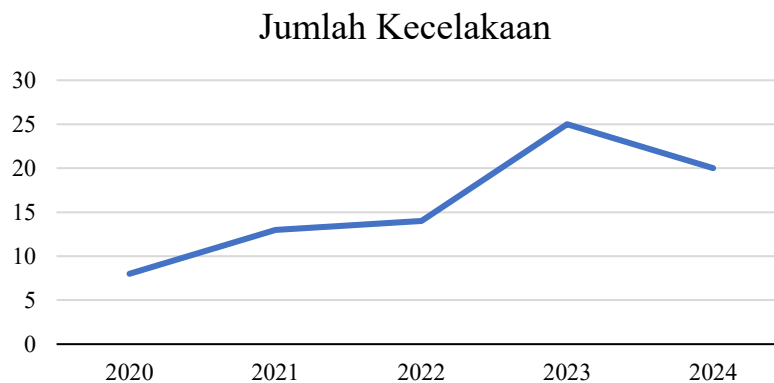
Grafik pola volume lalu lintas bulanan selama 5 tahun memperlihatkan pola musiman dan fluktuasi yang jelas. Beberapa bulan menunjukkan lonjakan, sementara bulan-bulan lain mengalami penurunan relatif. Meski demikian, ketika dianalisis secara agregat tahunan, pola musiman tersebut tidak mengubah kecenderungan kenaikan LHR tahunan. Keberadaan variabilitas bulanan ini menegaskan pentingnya memperhatikan dinamika temporal saat merencanakan intervensi keselamatan namun analisis korelasi utama pada penelitian ini menggunakan data tahunan demi konsistensi satuan paparan dan stabilitas statistik.

**Analisis Kecelakaan Lalu Lintas
Jumlah Kecelakaan Tahunan**

Tabel 4. Data Frekuensi Kecelakaan Per Tahun

Tahun	Jumlah Kecelakaan
2020	8
2021	13
2022	14
2023	25
2024	20

Tabel 4 di atas menunjukkan jumlah kecelakaan lalu lintas pada periode 2020–2024. Terlihat bahwa jumlah kecelakaan mengalami tren peningkatan dari 8 kejadian pada tahun 2020 menjadi 25 kejadian pada tahun 2023, yang merupakan angka tertinggi selama periode pengamatan. Pada tahun 2024, jumlah kecelakaan menurun menjadi 20 kejadian, meskipun masih lebih tinggi dibandingkan tahun-tahun awal. Pola ini mengindikasikan bahwa peningkatan aktivitas dan volume lalu lintas berpotensi berkontribusi terhadap naiknya risiko kecelakaan, sehingga diperlukan upaya peningkatan manajemen keselamatan jalan secara berkelanjutan (Setiawan & Asima, 2019).



Gambar 5. Grafik Pola Frekuensi Kecelakaan Tahunan

Tabel dan Grafik diatas menampilkan jumlah kejadian kecelakaan per tahun yang meningkat dari 8 kejadian pada 2020 menjadi puncaknya 25 kejadian pada 2023, lalu turun menjadi 20 kejadian pada 2024. Pola umum adalah kecenderungan peningkatan frekuensi kecelakaan sejalan dengan peningkatan volume kendaraan; hal ini konsisten dengan teori eksposur yang menyatakan bahwa lebih banyak kendaraan berarti lebih banyak interaksi potensial. Penurunan pada 2024 meskipun volume tetap tinggi menunjukkan adanya faktor moderasi yang mungkin berupa perubahan perilaku pengemudi, intervensi operasi, atau faktor kontekstual lain yang tidak terekam dalam dataset (mis. program keselamatan BUJT, kampanye keselamatan, atau kondisi lalu lintas lokal).

Tingkat Keparahan Korban Kecelakaan

Tabel 5. Data Kecelakaan Berdasarkan Tingkat Keparahan

Tahun	Luka Ringan	Luka Berat	Meninggal Dunia
2020	3	0	0
2021	4	0	0
2022	7	0	0
2023	11	0	0
2024	14	0	0

Seluruh kejadian pada periode yang dianalisis menghasilkan korban kategori luka ringan. data tidak mencatat kejadian luka berat atau meninggal dunia. Ketiadaan korban berat/meninggal dunia mengindikasikan bahwa meskipun frekuensi kecelakaan meningkat, keparahan dampaknya relatif terbatas. Faktor penyebab yang mungkin menjelaskan profil keparahan rendah ini antara lain dominasi kendaraan ringan, karakteristik geometrik jalan tol yang memenuhi standar keselamatan, pembatasan akses, serta kemungkinan bahwa kondisi kecepatan efektif di ruas cenderung lebih rendah pada periode-periode volume tinggi. Perhatian tetap perlu diberikan karena frekuensi yang meningkat tetap berarti beban biaya sosial dan operasional meningkat meskipun korban bersifat minor.

Faktor Penyebab Kecelakaan

Tabel 6. Data Faktor penyebab Kecelakaan

Faktor Penyebab	Tahun				
	2020	2021	2022	2023	2024
Manusia	5	9	7	18	18
Kendaraan	3	4	7	7	2
Lingkungan	0	0	0	0	0
Kondisi jalan	0	0	0	0	0
Jumlah	8	13	14	25	20

Tabel 6 di atas menggambarkan faktor penyebab kecelakaan lalu lintas pada periode 2020–2024. Faktor manusia merupakan penyebab dominan di setiap tahun dan menunjukkan peningkatan yang signifikan, terutama pada tahun 2023 dan 2024 dengan masing-masing 18 kejadian. Faktor kendaraan juga berkontribusi terhadap terjadinya kecelakaan, meskipun jumlahnya relatif lebih kecil dan cenderung berfluktuasi. Sementara itu, faktor lingkungan dan kondisi jalan tidak tercatat sebagai penyebab kecelakaan selama periode pengamatan. Secara keseluruhan, data ini menegaskan bahwa perilaku dan kesalahan manusia menjadi faktor utama terjadinya kecelakaan, sehingga upaya peningkatan keselamatan perlu difokuskan pada aspek edukasi, penegakan hukum, dan disiplin berlalu lintas.

Analisis faktor penyebab kecelakaan menunjukkan dominasi faktor manusia sebagai penyebab utama kecelakaan sepanjang periode, dengan peningkatan signifikan pada 2023–2024. Faktor kendaraan berada di urutan kedua, sementara faktor lingkungan dan kondisi jalan tercatat tidak muncul sebagai penyebab dominan. Temuan ini menegaskan bahwa program mitigasi yang menarget perilaku pengemudi seperti edukasi keselamatan, penegakan aturan, peningkatan kepatuhan penggunaan sabuk/HP/kecepatan relevan untuk menekan frekuensi kecelakaan (Nalendra & Amrina, 2023). Ketiadaan masalah prasarana yang signifikan menguatkan asumsi bahwa intervensi non-infrastruktur akan memberikan dampak paling besar pada penurunan kejadian.

Analisis Accident rate

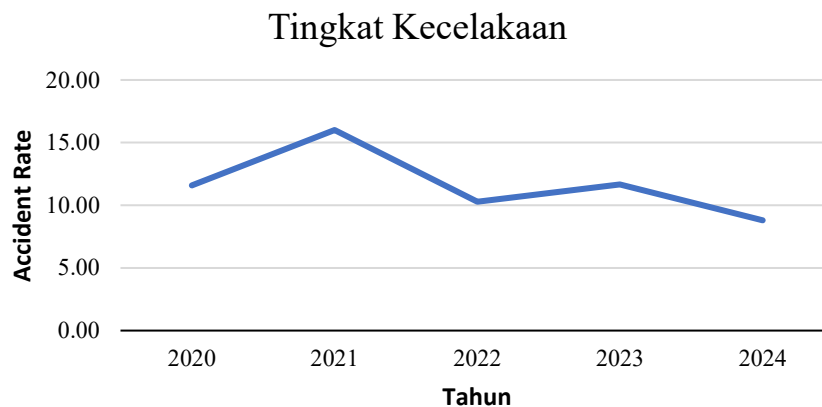
Tabel 7. Data Analisis Tingkat Kecelakaan

Tahun	Volume(kend/tahun)	Panjang Ruas(Km)	Jumlah Kecelakaan	Accident Rate(100JPKP)
2020	4.111.594	16,78	8	11,60
2021	4.840.262	16,78	13	16,01
2022	8.109.275	16,78	14	10,29
2023	12.786.295	16,78	25	11,66
2024	13.542.880	16,78	20	8,81

Tabel 7 di atas menyajikan hubungan antara volume lalu lintas, jumlah kecelakaan, dan nilai *accident rate* pada periode 2020–2024 untuk ruas jalan dengan panjang 16,78 km. Terlihat bahwa volume lalu lintas meningkat signifikan dari sekitar 4,11 juta kendaraan/tahun pada 2020 menjadi 13,54 juta kendaraan/tahun pada 2024. Jumlah kecelakaan cenderung meningkat hingga mencapai puncaknya pada tahun 2023 (25 kejadian), kemudian menurun pada tahun 2024 (20 kejadian). Meskipun volume lalu lintas terus bertambah, nilai *accident rate* justru menunjukkan kecenderungan menurun, dari 11,60 pada 2020 menjadi 8,81 pada 2024, dengan nilai tertinggi terjadi pada tahun 2021 (16,01). Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan volume lalu lintas tidak selalu diikuti oleh peningkatan tingkat kecelakaan, yang dapat mencerminkan adanya perbaikan dalam manajemen lalu lintas dan upaya keselamatan jalan pada ruas tersebut.

Data analisis Tingkat kecelakaan menyajikan nilai *accident rate* (kecelakaan per 100 juta kendaraan-km) yang berfluktuasi selama periode penelitian. Meski jumlah kecelakaan meningkat secara umum, nilai *accident rate* menurun pada titik-titik tertentu (tahun 2022, 2024), yang menunjukkan bahwa ketika paparan (kendaraan-km) meningkat pesat, risiko per kendaraan-km tidak selalu mengikuti kenaikan jumlah kejadian. Interpretasi *accident rate* ini penting: *accident rate* mengeliminasi bias paparan sehingga memungkinkan perbandingan tingkat risiko yang lebih adil antar

tahun. Penurunan *accident rate* pada 2024, misalnya, dapat menunjuk pada efek penurunan kecepatan rata-rata, pengetatan manajemen operasi, atau faktor lain yang mengurangi probabilitas kecelakaan per kendaraan-km meskipun jumlah absolut kecelakaan tetap tinggi.



Gambar 6. Grafik Pola Tingkat Kecelakaan

Gambar 6 grafik pola tingkat kecelakaan mempertegas bahwa pola *accident rate* tidak selalu sejajar dengan tren volume atau jumlah kecelakaan: terdapat tahun-tahun di mana frekuensi melonjak tetapi *accident rate* tetap stagnan atau turun. Oleh karena itu, *accident rate* harus dipandang sebagai indikator komplementer yang mampu mengungkap perubahan risiko relatif yang tidak terlihat bila hanya melihat jumlah kecelakaan (Oktopianto & Pangesty, 2021).

Analisis Korelasi Pearson

Tabel 8. Korelasi Pearson

Variabel	Koefisien Korelasi (r)	Tingkat Hubungan
Volume lalu lintas - <i>Accident rate</i>	-0,63	Hubungan Kuat (-)
Volume lalu lintas - Jumlah Kecelakaan	0,92	Hubungan Sangat Kuat (+)

Tabel 8 di atas menunjukkan hasil analisis korelasi antara volume lalu lintas dengan tingkat kecelakaan. Korelasi antara volume lalu lintas dan *accident rate* bernilai $-0,63$, yang menandakan hubungan kuat dan berlawanan arah, artinya peningkatan volume lalu lintas cenderung diikuti oleh penurunan nilai *accident rate*. Sebaliknya, korelasi antara volume lalu lintas dan jumlah kecelakaan sebesar $0,92$, yang menunjukkan hubungan sangat kuat dan searah, sehingga semakin tinggi volume lalu lintas maka jumlah kecelakaan juga cenderung meningkat. Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun jumlah kecelakaan bertambah seiring meningkatnya lalu lintas, risiko kecelakaan relatif terhadap paparan lalu lintas justru menurun.

Korelasi Volume Lalu Lintas dan *Accident rate*

Untuk hubungan antara LHR dan *accident rate*, koefisien Pearson tercatat sekitar $r \approx -0,62$, menunjukkan hubungan negatif yang kuat. Artinya, peningkatan volume berasosiasi dengan penurunan *accident rate* per 100 juta kendaraan-km. Fenomena ini tidak paradoksial jika dipahami melalui dua konsep: (1) frekuensi absolut dan (2) risiko relatif. Kenaikan frekuensi dapat terjadi bersamaan dengan penurunan risiko per kendaraan jika, misalnya, kecepatan rata-rata menurun pada kondisi padat sehingga mengurangi probabilitas kecelakaan per kendaraan-km, atau bila terdapat intervensi manajemen yang meningkatkan keselamatan relatif selama periode volume tinggi. Sekali lagi, keterbatasan data (khususnya ketidaktersediaan variabel kecepatan, kepadatan, arah angin, cuaca) mencegah penarikan kesimpulan kausal. temuan ini bersifat deskriptif dan inferensial.

Korelasi Volume Lalu Lintas dan Jumlah Kecelakaan

Analisis korelasi Pearson menghasilkan koefisien $r \approx 0,92$ untuk hubungan antara LHR (volume) dan jumlah kecelakaan, menunjukkan hubungan positif yang sangat kuat. Nilai ini mengindikasikan bahwa secara statistik, tahun-tahun dengan volume tinggi cenderung memiliki jumlah kecelakaan yang lebih besar. Karena korelasi adalah ukuran asosiasi linear, hasil ini konsisten dengan hipotesis eksposur dasar: peningkatan jumlah kendaraan meningkatkan peluang terjadinya konflik antarkendaraan dan karenanya meningkatkan frekuensi kecelakaan. Namun perlu diingat bahwa sampel tahunan relatif kecil, sehingga meskipun nilai r besar, signifikansi statistik harus diuji dan interpretasi tetap mempertimbangkan keterbatasan ukuran sampel.

Pembahasan Umum

Hasil analisis menunjukkan dua temuan kunci:

1. Volume lalu lintas meningkat tajam selama 2020–2024 dan berasosiasi kuat dengan kenaikan jumlah kecelakaan secara absolut ($r = 0,92$);
2. *Accident rate* berfluktuasi dan menunjukkan hubungan negatif dengan volume ($r = -0,62$), yang berarti risiko per unit kendaraan-km tidak meningkat sebanding dengan frekuensi kecelakaan.

Kombinasi temuan ini menegaskan perlunya membedakan antara metrik frekuensi dan metrik risiko relatif ketika mengevaluasi keselamatan jalan - kesalahan interpretasi dapat terjadi bila hanya mengandalkan satu indikator. Dari perspektif pengelolaan jalan tol, temuan ini menyarankan beberapa hal: pertama, pengelola harus menggunakan *accident rate* sebagai indikator pelengkap saat menyusun prioritas penanganan keselamatan, karena indikator ini memperhitungkan paparan. Kedua, intervensi yang menarget perilaku pengemudi (peningkatan pengawasan, kampanye keselamatan, penegakan kecepatan) berpotensi menurunkan *accident rate* meskipun volume meningkat (Hendra Hasudungan Silaban & Setiawan, 2023). Ketiga, monitoring operasional (seperti pengukuran kecepatan rata-rata dan kepadatan) perlu ditingkatkan agar pola penurunan *accident rate* dapat dikonfirmasi mekanistiknya.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu dicatat, yaitu

1. Ukuran sampel tahunan relatif kecil, yang membatasi daya uji statistik dan generalisasi temuan.
2. Data tersedia pada tingkat ruas agregat sehingga variasi spasial intra-ruas tidak dianalisis.
3. Variabel penting seperti kecepatan rata-rata, kepadatan arus, kondisi cuaca, dan komposisi kendaraan secara detail tidak tersedia, sehingga hipotesis mekanistik terkait penurunan *accident rate* tidak dapat diuji.
4. Seluruh kecelakaan tercatat sebagai luka ringan sehingga analisis berdasarkan tingkat keparahan korban tidak mungkin dilakukan. Keterbatasan ini harus diperhitungkan saat menyusun rekomendasi kebijakan dan merencanakan penelitian lanjutan.

Secara ringkas, pembahasan ini menunjukkan bahwa ruas Jalan Tol Becakayu mengalami kenaikan volume lalu lintas yang signifikan selama 2020–2024 dan bahwa kenaikan tersebut berasosiasi kuat dengan peningkatan jumlah kecelakaan secara absolut. Namun, ketika risiko dinormalisasi terhadap *accident rate*, pola yang muncul berbeda, yaitu beberapa tahun menunjukkan penurunan *accident rate* meskipun jumlah kecelakaan meningkat. Temuan ini menekankan pentingnya penggunaan metrik relatif (*accident rate*) bersama metrik absolut (jumlah kecelakaan) untuk memberikan gambaran keselamatan yang lebih komprehensif. Untuk memastikan kebijakan yang efektif, rekomendasi operasional dan penelitian lanjutan diarahkan pada pengumpulan data variabel operasional dan perluasan periode pengamatan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis tingkat kecelakaan lalu lintas pada ruas Jalan Tol Becakayu selama periode tahun 2020–2024, dapat disimpulkan bahwa nilai tingkat kecelakaan lalu lintas (*accident rate*) menunjukkan pola fluktuatif dari tahun ke tahun. Perubahan nilai *accident rate* tersebut tidak selalu sejalan dengan peningkatan volume lalu lintas maupun jumlah kecelakaan. Kondisi ini menunjukkan bahwa tingkat risiko kecelakaan relatif per kendaraan yang melintas bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh besarnya paparan kendaraan, sehingga evaluasi keselamatan lalu lintas tidak dapat hanya didasarkan pada jumlah kecelakaan secara absolut tanpa mempertimbangkan indikator berbasis paparan seperti *accident rate*.

Selanjutnya, hasil analisis hubungan antara volume lalu lintas dengan jumlah kecelakaan dan *accident rate* menunjukkan dua pola hubungan yang berbeda. Volume lalu lintas memiliki hubungan yang sangat kuat dan searah dengan jumlah kecelakaan lalu lintas, yang mengindikasikan bahwa peningkatan intensitas pergerakan kendaraan cenderung diikuti oleh peningkatan frekuensi kejadian kecelakaan. Namun, volume lalu lintas memiliki hubungan yang kuat dan berlawanan arah dengan *accident rate*, yang menunjukkan bahwa peningkatan jumlah kecelakaan tidak selalu diikuti oleh peningkatan risiko kecelakaan relatif per kendaraan. Temuan ini menegaskan bahwa jumlah kecelakaan dan *accident rate* merepresentasikan dua aspek keselamatan lalu lintas yang berbeda, yaitu frekuensi kejadian dan tingkat risiko relatif.

Hasil penelitian ini menguatkan penelitian-penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa peningkatan volume lalu lintas cenderung meningkatkan jumlah kecelakaan secara absolut, namun tidak selalu meningkatkan tingkat kecelakaan relatif ketika risiko dinormalisasi terhadap paparan kendaraan. Dengan demikian, penelitian ini memperkuat pendekatan evaluasi keselamatan lalu lintas yang menekankan pentingnya penggunaan *accident rate* sebagai indikator utama dalam menilai tingkat risiko kecelakaan pada ruas jalan tol dengan volume lalu lintas tinggi, serta menunjukkan bahwa penggunaan jumlah kecelakaan saja berpotensi menghasilkan interpretasi keselamatan yang kurang tepat.

DAFTAR PUSTAKA

Afrianto, A. (2024). Analisis Tingkat Kecelakaan Lalu Lintas dan Alternatif Penanganan Pada Ruas Tol Ngawi-Kertosono. *JURNAL PILAR TEKNOLOGI Jurnal Ilmiah Ilmu Teknik*, 9(1), 47–54.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.33319/piltek.v9i1.163>.
- Alfayed Achmad; Junaenah, I. C. M. (2024). ANALISIS FAKTOR PENYEBAB KECELAKAAN LALU LINTAS TOL TANGERANG-MERAK MENGGUNAKAN METODE *ACCIDENT RATE* DI PT. MARGA MANDALA SAKTI. *Teknologi : Jurnal Ilmiah Dan Teknologi*, Vol. 7 No. 2 (2024): *Teknologi : Jurnal Ilmiah dan Teknologi*, 101–107. <https://openjournal.unpam.ac.id/index.php/TKG/article/view/48229/23162>
- Hanafi, H., Rusgiyanto, F., & Pratama, R. (2019). Analisis Tingkat Keselamatan Jalan Tol Berdasarkan Metode Pembobotan Korlantas (Studi Kasus: Jalan Tol Cipularang). *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu Dan Aplikasi*, 18(2), 49–58.
- Hendra Hasudung Silaban, A. M. Das, & Setiawan, A. (2023). Analisa Kinerja Lalu Lintas Simpang Tiga Tidak Bersinyal Studi Kasus Jalan KH Ismail Malik-Jalan Raden Syahbudin Kota Jambi. *Talenta Sipil*, 6(2). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33087/talentasipil.v6i2.270>
- Kassu, A., & Hasan, M. (2020). Factors associated with traffic crashes on urban freeways. *Transportation Engineering*, 2, 100014. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.treng.2020.100014>
- Muto'in, N., & Utami, A. (2022). Analisis Tingkat Kecelakaan Lalu Lintas Menggunakan Metode *Accident rate* Dan Equivalent Accident Number (EAN) Di Kota Magelang. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 18, 60. <https://doi.org/10.25077/jrs.18.1.60-67.2022>
- Nalendra, B., & Amrina, E. (2023). Rekomendasi Audit Keselamatan Jalan terhadap Bangunan Pelengkap dan Perlengkapan Jalan. *Talenta Sipil*, 6(1), 69–75. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v6i1.178>
- Oktopianto, Y., & Pangesty, S. (2021). Analisis Daerah Lokasi Rawan Kecelakaan Jalan Tol Tangerang-Merak. *JURNAL KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN (INDONESIAN JOURNAL OF ROAD SAFETY)*, 8(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.46447/ktj.v8i1.301>
- Ridha, M., Sumabrata, R. J., & Siregar, M. L. (2014). Kajian Karakteristik Lalu-Lintas Di Jalan Tol Serta Korelasi Dengan Pola Kecelakaan. *Warta Penelitian Perhubungan*, 26(1), 67–80. <https://doi.org/10.25104/warlit.v26i1.867>
- Saputra, F., Brilianti, D. F., & Rifano. (2025). Analisis Faktor Kecelakaan Kendaraan Keluar Jalur pada Ruas Tol Semarang - Batang. *CIVENG*, 6(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.30595/civeng.v6i2.26562>
- Sari, F. M., Hadiati, R. N., & Sihotang, W. P. (2023). Analisis Korelasi Pearson Jumlah Penduduk dengan Jumlah Kendaraan Bermotor di Provinsi Jambi. *Jurnal Statistika Universitas Jambi*, 2(1), 39–44.
- Setiawan, D., & Asima, M. (2019). PEMETAAN RISIKO KECELAKAAN LALU LINTAS DI RUAS JALAN TOL CIPULARANG. *Jurnal Teknik Sipil*, 15(2), 100–113. <https://doi.org/https://doi.org/10.28932/jts.v15i2.1923>
- Setyarini, N. L., & Lukito, B. (2020). AUDIT KESELAMATAN JALAN TOL JAGORAWI. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan*, 4, 403. <https://doi.org/10.24912/jmstkik.v4i2.9056>
- Weimintoro, W., Salsabilla, N. S., Yusuf, M., & Farkhan, M. F. (2025). Analisis Tingkat Kecelakaan Lalu Lintas Dengan Metode *Accident rate* Dan Equivalent Accident Number (EAN) Pada Jalan Lingkar Utara Brebes-Tegal. *J-CEKI : Jurnal Cendekia Ilmiah*, 4(4), 502–511. <https://doi.org/https://doi.org/10.56799/jceki.v4i4.8666>
- Wibisono, G. I., Ramadan, F. E., & Fajar, A. H. (2019). Analisis Lalu Lintas Harian Rata – Rata (LHR) dalam Menghindari Kecelakaan. *Urnal Manajemen Bisnis Transportasi Dan Logistik*, 5(3), 359–366. <https://doi.org/https://doi.org/10.54324/j.mbt.v5i3.813>