

# ANALISIS KUANTITATIF KECELAKAAN LALU LINTAS DI AMERIKA SERIKAT PADA TAHUN 2000-2023 MENGUNAKAN STATISTICAL QUALITY CONTROL

Ida Ayu Oktavianti<sup>1</sup>, Zakia Alya Rosyda<sup>2</sup>, Kezia Brilliant Nazarena<sup>3</sup>, Ni Wayan Rusniati<sup>4</sup>, Made Ayu Dwi Octavanny<sup>5§</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Matematika, Fakultas MIPA-Universitas Udayana [Email: [vianti291003@gmail.com](mailto:vianti291003@gmail.com)]

<sup>2</sup>Program Studi Matematika, Fakultas MIPA-Universitas Udayana [Email: [zakiaalyarosyda@gmail.com](mailto:zakiaalyarosyda@gmail.com)]

<sup>3</sup>Program Studi Matematika, Fakultas MIPA-Universitas Udayana [Email: [keziabrilliant@gmail.com](mailto:keziabrilliant@gmail.com)]

<sup>4</sup>Program Studi Matematika, Fakultas MIPA-Universitas Udayana [Email: [wynrusniati08@gmail.com](mailto:wynrusniati08@gmail.com)]

<sup>5</sup>Program Studi Matematika, Fakultas MIPA-Universitas Udayana [Email: [octavanny@unud.ac.id](mailto:octavanny@unud.ac.id)]

<sup>§</sup>Corresponding Author

## ABSTRACT

*Traffic accidents are a critical issue in road safety and public health in the United States. This study examines the patterns and statistical stability of annual traffic accidents from 2000 to 2023 using a Statistical Quality Control (SQC) approach. Secondary data were obtained from official publications of the National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), including accident severity, numbers of fatalities and injuries, population size, and risk indicators. The analysis employed five of the seven basic SQC tools, namely check sheets, histograms, Pareto diagrams, control charts (p-charts and u-charts), and cause-and-effect diagrams. The results show that property damage only accidents dominate total crash occurrences, while fatal crashes represent a small proportion but lead to significant loss of life. Control chart analysis indicates statistical instability in the proportion of fatal crashes and fatality rates, suggesting the presence of special causes rather than random variation. Overall, the findings highlight the usefulness of SQC as an effective tool for monitoring traffic safety performance and identifying critical variations requiring targeted interventions.*

**Keywords:** NHTSA, traffic accidents, Statistical Quality Control, seven tools, road safety

## 1. PENDAHULUAN

Kecelakaan lalu lintas merupakan salah satu permasalahan keselamatan jalan dan kesehatan masyarakat yang masih menjadi tantangan besar secara global. Berdasarkan *Global Status Report on Road Safety 2023* yang diterbitkan oleh World Health Organization (WHO), sekitar 1,19 juta orang meninggal setiap tahun akibat kecelakaan lalu lintas. Cedera akibat kecelakaan lalu lintas juga dilaporkan sebagai penyebab utama kematian pada kelompok usia 5–29 tahun, sehingga menempatkan keselamatan jalan sebagai isu krusial bagi kelompok usia produktif. Selain dampak kesehatan, kecelakaan lalu lintas menimbulkan kerugian ekonomi yang signifikan, dengan biaya yang diperkirakan mencapai sekitar 3% dari produk domestik bruto (PDB) di sebagian besar negara. Hal ini menunjukkan bahwa kecelakaan lalu lintas tidak hanya merupakan persoalan transportasi, tetapi

juga masalah sosial dan ekonomi yang serius (World Health Organization, 2023).

Meskipun sebagian besar kematian akibat kecelakaan lalu lintas terjadi di negara berpendapatan rendah dan menengah, negara maju seperti Amerika Serikat juga menghadapi permasalahan keselamatan jalan yang signifikan. Berdasarkan *Road Safety Country Profile: United States 2024* yang diterbitkan oleh International Transport Forum (ITF), pada tahun 2023 Amerika Serikat mencatat 40.901 kematian akibat kecelakaan lalu lintas, dengan tingkat fatalitas sebesar 12,2 kematian per 100.000 penduduk. Angka ini menempatkan Amerika Serikat sebagai salah satu negara dengan tingkat fatalitas tertinggi di antara negara-negara anggota International Road Traffic and Accident Database (IRTAD), yaitu berada pada peringkat ketiga tertinggi setelah Costa Rica dan Colombia (International

Transport Forum, 2024).

Gambaran serupa juga ditunjukkan oleh laporan resmi National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). Dalam *Summary of Motor Vehicle Traffic Crashes: 2023 Data*, dilaporkan bahwa pada tahun 2023 terdapat sekitar 6,14 juta kecelakaan lalu lintas yang dilaporkan oleh kepolisian, dengan 40.901 korban meninggal dan sekitar 2,44 juta korban cedera. Dibandingkan dengan tahun 2022, jumlah korban meninggal mengalami penurunan sebesar 4,3%, sementara jumlah korban cedera justru mengalami peningkatan sebesar 2,5%, dan jumlah kecelakaan yang dilaporkan meningkat sebesar 3,5%. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun terjadi penurunan fatalitas, beban kecelakaan lalu lintas secara keseluruhan, khususnya dari sisi cedera, masih tetap tinggi (National Center for Statistics and Analysis, 2025a)

Besarnya jumlah kecelakaan lalu lintas serta variasi tingkat keparahan dampaknya dari tahun ke tahun menunjukkan bahwa keselamatan lalu lintas merupakan suatu sistem yang bersifat dinamis. Variasi tersebut dapat disebabkan oleh faktor-faktor yang bersifat inheren dan berulang, maupun oleh kejadian-kejadian tertentu yang berada di luar kondisi normal. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan analisis statistik yang mampu membedakan variasi yang bersifat wajar dari variasi yang muncul akibat faktor khusus.

Pendekatan *Statistical Quality Control* (SQC) digunakan untuk memantau dan mengevaluasi variasi kejadian dari waktu ke waktu dengan membedakan variasi yang bersifat wajar (*common causes*) dan variasi akibat kondisi khusus (*special causes*) (Montgomery, 2012). Dengan dukungan *seven basic quality tools*, SQC memungkinkan penilaian kestabilan proses dan identifikasi potensi sumber permasalahan secara sistematis. Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan pendekatan SQC pada data kecelakaan lalu lintas tahunan di Amerika Serikat untuk menganalisis dinamika kejadian berdasarkan tingkat keparahan dan dampaknya terhadap populasi.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data tahunan kecelakaan lalu lintas di Amerika Serikat selama periode 2000–2023. Data yang dianalisis bersifat agregat dengan unit analisis tahunan, mencakup jumlah kecelakaan berdasarkan tingkat keparahan (fatal, injury, dan

*property damage only*), jumlah korban meninggal dan cedera, jumlah penduduk tahunan, serta indikator risiko berupa *fatality rate* dan *injury rate* per 100.000 penduduk. Data diperoleh dari publikasi resmi National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) melalui laporan *Traffic Safety Facts 2023* dan *Traffic Safety Facts Annual Report Tables* yang disusun oleh National Center for Statistics and Analysis, khususnya tabel *Crashes, by Crash Severity (1988–2023)* serta *People Killed and Injured; Fatality and Injury Rates (1966–2023)*. Pemilihan tabel tersebut disesuaikan dengan kebutuhan analisis, yaitu untuk mengevaluasi proporsi kecelakaan fatal dan tingkat korban meninggal relatif terhadap populasi menggunakan pendekatan *Statistical Quality Control*. Penggunaan data sekunder dari lembaga resmi ini memastikan keseragaman definisi variabel, konsistensi pengukuran antarperiode waktu, serta reliabilitas data yang diperlukan untuk analisis statistik runtun waktu. (National Center for Statistics and Analysis., 2025b; Statistics, 2025).

### 2.1 Tahapan Penelitian

#### 2.1.1 Penyusunan Data (Check Sheet)

Tahap awal analisis dilakukan dengan menyusun data tahunan kecelakaan lalu lintas dalam bentuk check sheet. Data yang dicatat meliputi jumlah kecelakaan berdasarkan tingkat keparahan (*fatal, injury, property damage only*), jumlah korban meninggal dan cedera, jumlah penduduk tahunan, serta indikator risiko berupa *fatality rate* dan *injury rate* per 100.000 penduduk. Check sheet digunakan untuk memastikan kelengkapan, konsistensi, dan keterbandingan data antarperiode waktu sebelum dilakukan analisis statistik lanjutan. Penggunaan check sheet sebagai alat pengorganisasian data awal merupakan praktik standar dalam pengendalian mutu dan analisis proses (Heizer et al., 2016; Ishikawa, 1976).

#### 2.1.2 Analisis Distribusi Data (Histogram)

Histogram digunakan untuk menganalisis distribusi frekuensi indikator risiko kecelakaan, khususnya *fatality rate* dan *injury rate* per 100.000 penduduk. Histogram memberikan gambaran awal mengenai pola sebaran data, variasi nilai, dan kecenderungan umum distribusi kejadian dari waktu ke waktu. Analisis ini bertujuan untuk memahami karakteristik data sebelum penerapan peta kendali, serta untuk mengidentifikasi adanya variasi ekstrem secara

visual (Heizer et al., 2016; Montgomery, 2012).

### 2.1.3 Penentuan Prioritas Masalah (Diagram Pareto)

Diagram Pareto digunakan untuk menganalisis kontribusi relatif jumlah kecelakaan lalu lintas berdasarkan tingkat keparahan kejadian (fatal, injury, dan *property damage only*) terhadap total kecelakaan. Diagram ini didasarkan pada prinsip Pareto atau aturan 80/20, yang menyatakan bahwa sebagian kecil kategori penyebab umumnya menyumbang sebagian besar dampak permasalahan. Oleh karena itu, diagram Pareto digunakan untuk mengidentifikasi kategori tingkat keparahan yang memberikan kontribusi terbesar terhadap total kejadian kecelakaan, sehingga dapat ditetapkan sebagai prioritas dalam analisis lanjutan dan upaya pengendalian proses keselamatan lalu lintas (Heizer et al., 2016; Ishikawa, 1976; Montgomery, 2012).

### 2.1.4 Evaluasi Kestabilan Proses (Peta Kendali / Control Chart)

Peta kendali digunakan untuk mengevaluasi kestabilan proses kejadian kecelakaan lalu lintas dari waktu ke waktu serta untuk mendeteksi adanya variasi yang disebabkan oleh faktor khusus (*special causes variation*).

p-chart digunakan untuk memantau proporsi kecelakaan fatal terhadap total kecelakaan tahunan dan sesuai untuk data atribut berbentuk proporsi dengan ukuran sampel yang bervariasi antarperiode. Proporsi kecelakaan fatal pada tahun ke-*i* dinyatakan sebagai

$$p_i = \frac{x_i}{n_i} \quad (1)$$

dengan  $x_i$  merupakan jumlah kecelakaan fatal dan  $n_i$  total kecelakaan pada tahun ke-*i*. Garis pusat peta kendali ditentukan oleh

$$\bar{p} = \frac{\sum x_i}{\sum n_i} \quad (2)$$

Batas kendali atas dan bawah masing-masing dihitung sebagai

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}},$$

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad (3)$$

Peta kendali ini digunakan untuk mengevaluasi kestabilan proporsi kecelakaan fatal dari waktu ke waktu (Mohammed et al., 2008; Montgomery, 2012). u-chart digunakan untuk memantau rata-rata jumlah korban

meninggal per unit paparan dan sesuai untuk data cacah dengan ukuran unit yang tidak konstan. Dalam penelitian ini, unit paparan dinyatakan sebagai jumlah penduduk tahunan. Tingkat korban meninggal pada tahun ke-*i* didefinisikan sebagai

$$u_i = \frac{c_i}{n_i} \quad (4)$$

dengan  $c_i$  merupakan jumlah korban meninggal dan  $n_i$  jumlah penduduk pada tahun ke-*i*. Garis pusat peta kendali ditentukan oleh

$$\bar{u} = \frac{\sum c_i}{\sum n_i} \quad (5)$$

Batas kendali atas dan bawah masing-masing dihitung sebagai

$$UCL = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}, LCL = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \quad (6)$$

u-chart digunakan untuk menilai kestabilan tingkat fatalitas kecelakaan lalu lintas relatif terhadap populasi dari tahun ke tahun (Mohammed et al., 2008; Montgomery, 2012).

### 2.1.5 Interpretasi Peta Kendali (Aturan Western Electric)

Interpretasi peta kendali dilakukan dengan menggunakan aturan Western Electric untuk mendeteksi variasi yang disebabkan oleh faktor khusus (*special cause variation*). Aturan yang digunakan meliputi: (1) adanya titik pengamatan yang berada di luar batas kendali; (2) adanya sembilan titik berturut-turut yang seluruhnya berada di atas atau di bawah garis tengah; (3) adanya enam titik berturut-turut yang menunjukkan pola peningkatan atau penurunan secara konsisten; dan (4) adanya empat belas titik berturut-turut yang bergerak naik-turun secara bergantian. Apabila satu atau lebih aturan tersebut terpenuhi, maka proses dinyatakan tidak terkendali secara statistik dan variasi yang terjadi mengindikasikan keberadaan *special cause variation*. Sebaliknya, apabila tidak terdapat pelanggaran terhadap aturan tersebut, maka proses dinyatakan terkendali secara statistik dan variasi yang muncul dianggap sebagai *common cause variation*. (Montgomery, 2012; Western Electric, 1956).

### 2.1.6 Analisis Akar Penyebab (Diagram Sebab-Akibat / Fishbone)

Tahap akhir analisis dilakukan dengan menggunakan diagram sebab-akibat (Diagram Ishikawa) untuk mengidentifikasi potensi faktor penyebab variasi yang terindikasi tidak

terkendali pada peta kendali. Analisis dilakukan menggunakan kerangka 5M1E, yaitu Man, Machine, Method, Material, Measurement, dan Environment. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi akar penyebab dilakukan secara sistematis dan komprehensif, serta berfungsi sebagai pelengkap analisis statistik dalam konteks keselamatan lalu lintas (Heizer et al., 2016; Ishikawa, 1976; Montgomery, 2012).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Gambaran Umum Data Kecelakaan Lalu Lintas

Data kecelakaan lalu lintas tahunan periode 2000–2023 disajikan dalam bentuk check sheet untuk memberikan gambaran awal mengenai jumlah kecelakaan berdasarkan tingkat keparahan, jumlah korban, serta indikator risiko terhadap populasi. Ringkasan data tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Kecelakaan Lalu Lintas, Korban Meninggal, dan Korban Cedera Berdasarkan Tingkat Keparahan di Amerika Serikat, 2000–2023

Year	Crash Severity				Injury Severity					
	Fatal	Injury	Property Damage Only	Total	Killed	Injured	Total	Resident Population	Fatality Rate per 100,000 Population	Injury rate per 100,000 Population
2000	37.526	2.069.905	4.286.194	6.393.624	41.945	3.193.759	3.235.704	282.162.411	14,87	1.132
2001	37.862	2.002.710	4.282.391	6.322.963	42.196	3.042.284	3.084.480	284.968.955	14,81	1.068
2002	38.491	1.928.984	4.348.233	6.315.708	43.005	2.939.143	2.982.148	287.625.193	14,95	1.022
2003	38.477	1.924.912	4.364.566	6.327.955	42.884	2.901.753	2.944.637	290.107.933	14,78	1.000
2004	38.444	1.861.617	4.280.966	6.181.027	42.836	2.801.646	2.844.482	292.805.298	14,63	957
2005	39.252	1.816.105	4.303.993	6.159.350	43.510	2.709.099	2.752.609	295.516.599	14,72	917
2006	38.648	1.745.924	4.188.641	5.973.213	42.708	2.583.068	2.625.776	298.379.912	14,31	866
2007	37.435	1.711.304	4.275.269	6.024.008	41.259	2.498.785	2.540.044	301.231.207	13,70	830
2008	34.172	1.630.420	4.146.254	5.810.846	37.423	2.355.972	2.393.395	304.093.966	12,31	775
2009	30.862	1.517.075	3.957.243	5.505.180	33.883	2.223.537	2.257.420	306.771.529	11,05	725
2010	30.296	1.542.104	3.847.045	5.419.445	32.999	2.247.988	2.280.987	309.327.143	10,67	727
2011	29.867	1.529.968	3.777.994	5.337.829	32.479	2.227.209	2.259.688	311.583.481	10,42	715
2012	31.006	1.634.180	3.949.858	5.615.045	33.782	2.369.083	2.402.865	313.877.662	10,76	755
2013	30.202	1.591.016	4.065.673	5.686.891	32.893	2.318.992	2.351.885	316.059.947	10,41	734
2014	30.056	1.647.726	4.386.502	6.064.284	32.744	2.342.621	2.375.365	318.386.329	10,28	736
2015	32.538	1.715.394	4.548.203	6.296.134	35.484	2.454.778	2.490.262	320.738.994	11,06	765
2016	34.748	2.116.308	4.670.073	6.821.129	37.806	3.061.885	3.099.691	323.071.755	11,70	948
2017	34.560	1.888.525	4.529.513	6.452.598	37.473	2.745.268	2.782.741	325.122.128	11,53	844
2018	33.919	1.893.704	4.807.058	6.734.681	36.835	2.710.059	2.746.894	326.838.199	11,27	829
2019	33.487	1.916.344	4.806.253	6.756.084	36.355	2.740.141	2.776.496	328.329.953	11,07	835
2020	35.935	1.593.390	3.621.681	5.251.006	39.007	2.282.209	2.321.216	331.526.933	11,77	688
2021	39.785	1.727.608	4.335.820	6.103.213	43.230	2.497.869	2.541.099	332.048.977	13,02	752
2022	39.422	1.664.598	4.226.677	5.930.697	42.721	2.382.833	2.425.554	333.271.411	12,82	715
2023	37.654	1.697.252	4.403.453	6.138.359	40.901	2.442.581	2.483.482	334.914.895	12,21	729

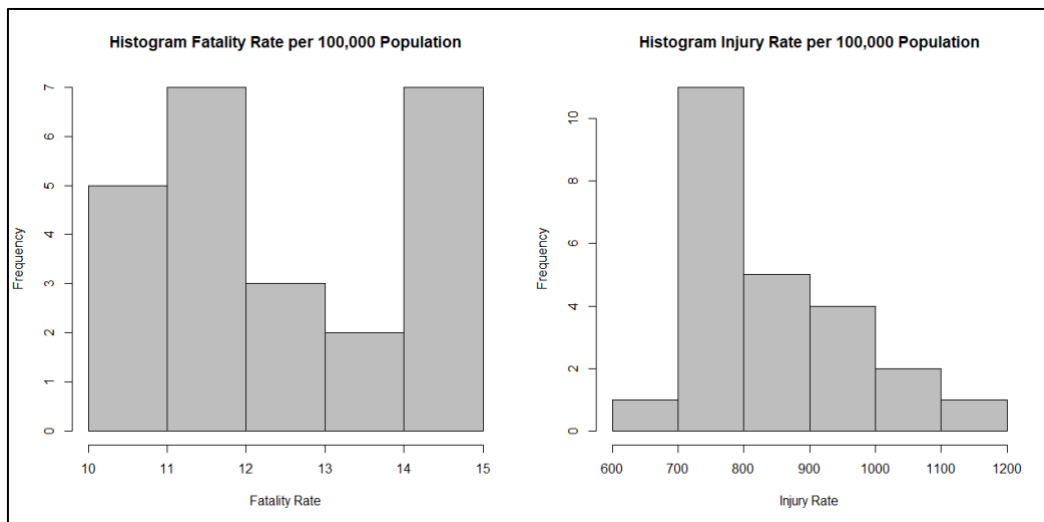
Tabel 1 menunjukkan bahwa jumlah kecelakaan lalu lintas di Amerika Serikat berada pada skala yang sangat besar dan menunjukkan fluktuasi dari tahun ke tahun. Total kecelakaan berkisar antara sekitar 5,25 juta hingga lebih dari 6,82 juta kejadian, dengan kategori *property damage only* secara konsisten mendominasi total kejadian, diikuti oleh kecelakaan dengan korban cedera, sementara kecelakaan fatal memiliki proporsi paling kecil. Meskipun proporsinya relatif kecil, jumlah korban meninggal akibat kecelakaan lalu lintas tetap tinggi dan bervariasi antarperiode, yaitu

sekitar 32.000 hingga lebih dari 43.000 jiwa per tahun. *Fatality rate* per 100.000 penduduk cenderung menurun hingga sekitar tahun 2014, kemudian meningkat kembali pada periode 2020–2021 sebelum kembali menurun pada tahun 2023, sementara *injury rate* menunjukkan fluktuasi yang lebih tajam dan tetap berada pada tingkat yang tinggi. Pola ini mengindikasikan bahwa tingkat risiko kecelakaan lalu lintas tidak sepenuhnya stabil dari waktu ke waktu, sehingga diperlukan analisis lanjutan untuk mengevaluasi kestabilan dan variasi kejadian secara statistik.

### 3.2 Distribusi *Fatality Rate* dan *Injury Rate*

Untuk memahami pola sebaran indikator risiko kecelakaan lalu lintas, dilakukan analisis

distribusi menggunakan histogram terhadap *fatality rate* dan *injury rate* per 100.000 penduduk. Hasil visualisasi distribusi tersebut disajikan pada Gambar 1.



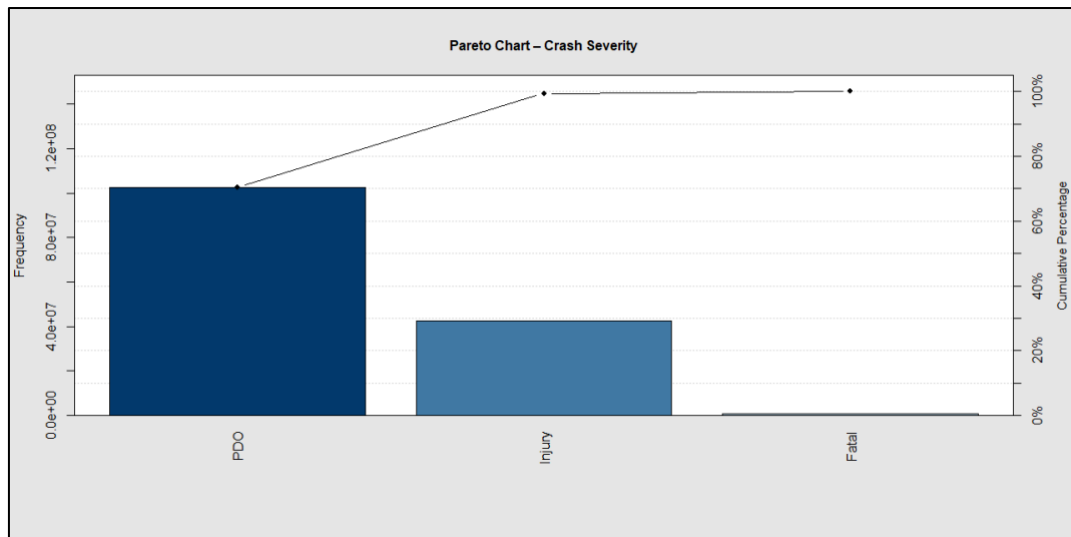
Gambar 1. Histogram Tingkat Kematian Akibat Kecelakaan (*Fatality Rate per 100.000 Population*) dan Tingkat Cedera Akibat Kecelakaan (*Injury Rate per 100.000 Population*)

Berdasarkan Gambar 1, histogram *fatality rate* per 100.000 penduduk menunjukkan bahwa tingkat kematian akibat kecelakaan lalu lintas selama periode pengamatan umumnya berada pada kisaran 10–15 dan memiliki sebaran yang relatif sempit. Pola ini mengindikasikan bahwa variasi tingkat kematian antar tahun cenderung lebih stabil, meskipun terdapat pengelompokan nilai yang mencerminkan adanya periode penurunan dan peningkatan kembali. Sebaliknya, histogram *injury rate* per 100.000 penduduk memperlihatkan sebaran yang lebih luas dan cenderung menceng ke kanan, dengan konsentrasi utama pada kisaran 700–900 serta beberapa nilai ekstrem pada tingkat yang lebih

tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat cedera akibat kecelakaan lalu lintas memiliki variasi yang lebih besar dibandingkan tingkat kematian. Secara keseluruhan, analisis histogram menegaskan bahwa risiko kematian relatif lebih stabil dari waktu ke waktu, sementara risiko cedera bersifat lebih fluktuatif dan dinamis.

### 3.3 Analisis Prioritas Tingkat Keparahan

Untuk mengidentifikasi kontribusi relatif kecelakaan lalu lintas berdasarkan tingkat keparahan, dilakukan analisis menggunakan diagram Pareto, sebagaimana disajikan pada Gambar 2.



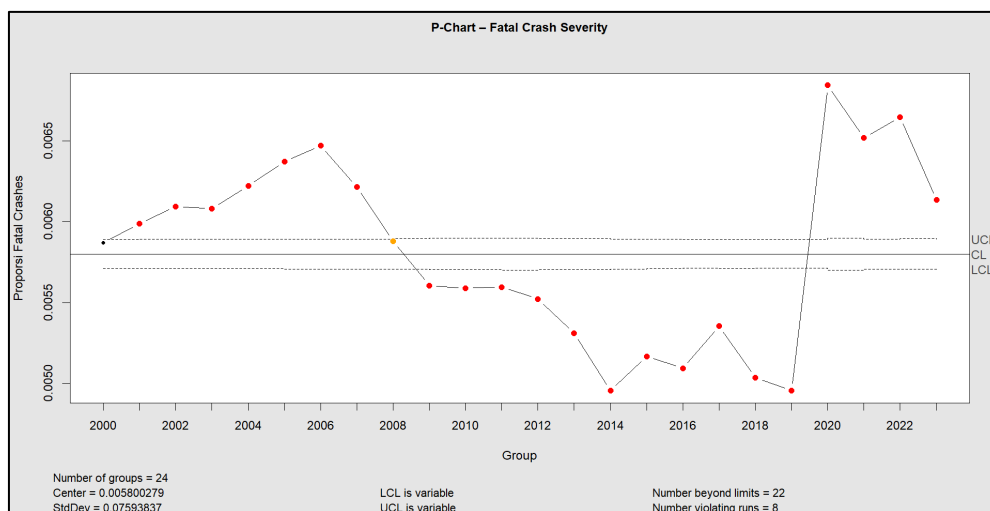
Gambar 2. Diagram Pareto Jumlah Kecelakaan Lalu Lintas Berdasarkan Tingkat Keparahan

Gambar 2 menunjukkan bahwa kecelakaan *Property Damage Only* (PDO) mendominasi total kejadian dengan proporsi sekitar 70,33%, diikuti oleh kecelakaan *Injury* sebesar 29,09%, sedangkan kecelakaan *Fatal* hanya menyumbang sekitar 0,58%. Garis kumulatif Pareto memperlihatkan bahwa kategori PDO dan Injury telah mencakup hampir seluruh kecelakaan (99,42%). Dalam konteks *Statistical Quality Control*, temuan ini menunjukkan bahwa prioritas pengendalian sebaiknya difokuskan pada kecelakaan PDO

dan Injury. Namun, dalam analisis ini difokuskan pada kecelakaan fatal karena dampaknya paling serius dan lebih sensitif terhadap variasi yang tidak terkendali.

### 3.4 Evaluasi Kestabilan Proporsi Kecelakaan Fatal

Untuk mengevaluasi kestabilan proporsi kecelakaan fatal terhadap total kecelakaan dari waktu ke waktu, dilakukan analisis menggunakan peta kendali p-chart. Hasil peta kendali p-chart disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. p-Chart Proporsi Kecelakaan Fatal

Berdasarkan Gambar 3 dan Aturan *Western Electric*, bagan kendali p menunjukkan bahwa proses tidak terkendali secara statistik. Hampir seluruh titik pengamatan (22 dari 24) berada di

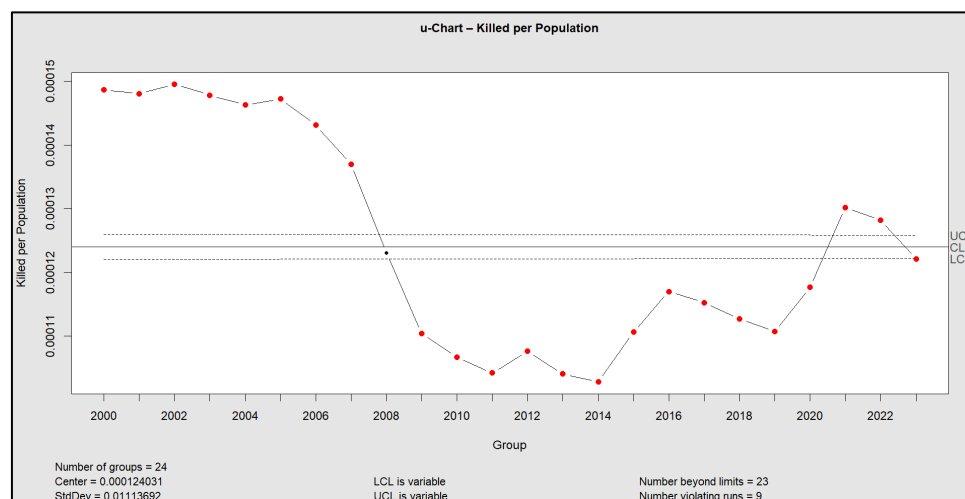
luar batas kendali, sehingga aturan pertama terpenuhi. Selain itu, terdapat sembilan titik berturut-turut di atas garis tengah (2000–2008) dan sebelas titik berturut-turut di bawah garis

tengah (2009–2019), sehingga aturan kedua juga terpenuhi. Namun, aturan ketiga (enam titik berturut-turut naik atau turun) dan aturan keempat (empat belas titik bergerak naik–turun) tidak terpenuhi. Karena aturan pertama dan kedua terpenuhi, dapat disimpulkan bahwa proses berada dalam kondisi tidak terkendali, yang berarti variasi yang terjadi tidak hanya disebabkan oleh penyebab acak biasa (*common cause*), tetapi ada penyebab khusus (*special cause*),

yang memengaruhi proses.

### 3.5 Evaluasi Kestabilan Tingkat Korban Meninggal.

Untuk mengevaluasi kestabilan tingkat korban meninggal akibat kecelakaan lalu lintas relatif terhadap populasi, digunakan peta kendali *u-chart*. Hasil pemantauan tingkat korban meninggal dari tahun ke tahun disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. u-Chart Tingkat Korban Meninggal Per Populasi

Berdasarkan Gambar 4 dan Aturan *Western Electric*, u-chart tingkat korban meninggal per populasi menunjukkan bahwa proses tidak terkendali secara statistik. Hampir seluruh titik pengamatan (23 dari 24) berada di luar batas kendali, sehingga aturan pertama terpenuhi. Selanjutnya, terdapat tiga belas titik berturut-turut di bawah garis tengah (2008–2020), sehingga aturan kedua juga terpenuhi. Selain itu, terdapat tujuh titik berturut-turut yang menunjukkan tren menurun (2005–2011), sehingga aturan ketiga terpenuhi. Aturan keempat (empat belas titik naik–turun bergantian) tidak terpenuhi. Karena aturan pertama, kedua, dan ketiga terpenuhi, dapat disimpulkan bahwa variasi yang terjadi tidak hanya disebabkan oleh penyebab acak biasa (*common cause*), tetapi ada penyebab khusus (*special cause*).

Variasi tajam pada proporsi kecelakaan dan tingkat korban meninggal di Amerika Serikat dapat disebabkan oleh beberapa *special causes*, antara lain: perubahan kebijakan keselamatan jalan seperti *Seat Belt Law* dan kampanye NHTSA, inovasi teknologi kendaraan (*airbag*, *ABS*, *electronic stability control*), perilaku

pengemudi berisiko (*distracted driving*, mengemudi di bawah pengaruh alkohol, pelanggaran kecepatan), perubahan pola transportasi dan mobilitas, peristiwa musiman atau cuaca ekstrim, serta peristiwa besar atau epidemi seperti pandemi COVID-19. Selain itu, perubahan pelaporan atau pencatatan data melalui sistem FARS juga dapat memengaruhi fluktuasi proporsi kecelakaan dan tingkat korban meninggal.

### 3.6 Analisis Akar Penyebab (Fishbone Diagram)

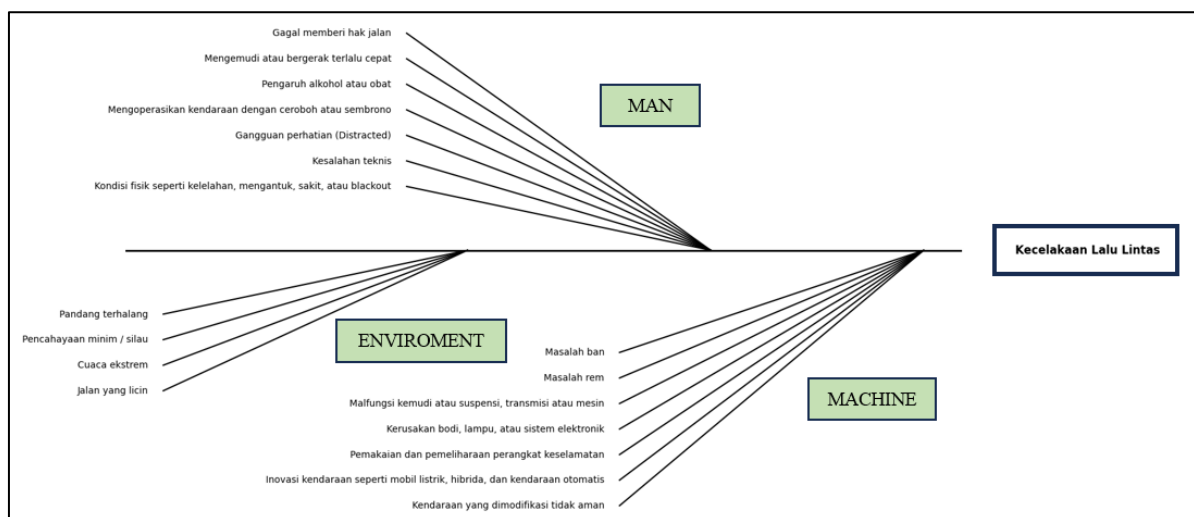
Berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan, diperoleh bahwa faktor manusia merupakan penyebab utama terjadinya kecelakaan lalu lintas, yang mencakup perilaku, perhatian, dan kondisi pengemudi serta pejalan kaki. Beberapa faktor penting yang termasuk dalam kategori ini antara lain gagal memberi hak jalan, di mana pengemudi tidak memberikan prioritas sesuai aturan lalu lintas dan pejalan kaki menyeberang jalan tanpa memperhatikan kendaraan yang melintas. Faktor lainnya adalah mengemudi atau bergerak terlalu cepat, yang meningkatkan

risiko kecelakaan karena keterlambatan reaksi dan jarak pengereman yang berkurang. Selain itu, pengemudi dan pejalan kaki yang berada di bawah pengaruh alkohol, obat-obatan, atau obat resep mengalami gangguan koordinasi dan kemampuan pengambilan keputusan, sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya kecelakaan. Mengoperasikan kendaraan dengan ceroboh atau sembrono serta gangguan perhatian akibat menelpon, mengirim pesan, makan, atau melakukan aktivitas lain saat bergerak juga menjadi faktor penting. Kesalahan teknis seperti belokan atau penggunaan jalur yang salah, serta bergerak di arah yang salah, juga berkontribusi terhadap risiko tabrakan. Kondisi fisik seperti kelelahan, mengantuk, sakit, atau blackout. Selain itu, terdapat faktor lain, tidak dilaporkan, atau tidak diketahui yang meskipun tidak spesifik tetap memengaruhi terjadinya kecelakaan. (National Center for Statistics and Analysis., 2025b)

Faktor machine berkaitan dengan kondisi dan kelayakan kendaraan serta peralatan yang digunakan di jalan, yang meskipun menyumbang sebagian kecil kecelakaan, tetap memiliki peran penting dalam keselamatan lalu lintas. Masalah pada ban seperti keausan atau kerusakan dapat menyebabkan hilangnya kendali kendaraan atau pecah ban saat berkendara, sedangkan rem yang tidak berfungsi dengan baik meningkatkan risiko tabrakan karena jarak berhenti yang tidak sesuai. Selain itu, kerusakan pada sistem kemudi, suspensi, transmisi, atau mesin dapat memengaruhi kendali dan stabilitas kendaraan (Singh, 2018). Faktor lain pada kendaraan, seperti kerusakan bodi, lampu, atau sistem

elektronik, juga dapat berkontribusi terhadap kecelakaan. Pemakaian dan pemeliharaan perangkat keselamatan seperti sabuk pengaman, car seats, booster seats, airbag, serta teknologi bantuan pengemudi sangat penting untuk meminimalkan cedera ketika kecelakaan terjadi. Inovasi kendaraan seperti mobil listrik, hibrida, dan kendaraan otomatis berpotensi meningkatkan keselamatan, tetapi tetap memerlukan pemahaman dan perawatan yang tepat oleh pengemudi. Selain itu, faktor lain terkait kendaraan seperti kendaraan yang dimodifikasi tidak aman dapat memengaruhi keselamatan di jalan (Vehicle Safety, n.d.).

Faktor lingkungan (Environment) berperan penting dalam terjadinya kecelakaan lalu lintas karena kondisi jalan, cuaca, dan pengaturan lalu lintas dapat memengaruhi keselamatan pengemudi, pejalan kaki, dan pesepeda. Beberapa faktor utama termasuk jalan yang licin, yang dapat menyebabkan kendaraan tergelincir atau kehilangan kendali. Pencahayaannya minim atau silau akibat cahaya matahari atau lampu kendaraan lain juga dapat mengganggu penglihatan pengemudi, sedangkan pandangan terhalang oleh kendaraan parkir, pohon, bangunan, atau rambu jalan dapat mengurangi kemampuan pengemudi untuk melihat potensi bahaya. Selain itu, rambu dan sinyal lalu lintas yang tidak terlihat atau tidak jelas dapat menimbulkan kebingungan, dan kondisi cuaca buruk seperti kabut, hujan, atau salju juga memengaruhi kemampuan pengemudi untuk mengendalikan kendaraan dengan aman (National Center for Statistics and Analysis., 2025b; Singh, 2018).



Gambar 5. Diagram Fishbone Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis data kecelakaan lalu lintas tahunan di Amerika Serikat periode 2000–2023, jumlah kecelakaan berada pada skala besar dengan fluktuasi dari tahun ke tahun, di mana kategori *Property Damage Only* mendominasi, diikuti *Injury*, sementara kecelakaan *Fatal* memiliki proporsi paling kecil namun tetap berdampak signifikan karena korban meninggal mencapai 32.000–43.000 jiwa per tahun. *Fatality rate* relatif stabil, sedangkan *injury rate* lebih fluktuatif dan dinamis. Evaluasi menggunakan peta kendali menunjukkan bahwa proporsi kecelakaan fatal dan tingkat korban meninggal tidak terkendali secara statistik, sehingga terdapat *special causes* yang memengaruhi variasi, antara lain kebijakan keselamatan, inovasi teknologi kendaraan, perilaku pengemudi, kondisi cuaca, dan sistem pelaporan data. Faktor manusia menjadi kontributor utama, diikuti kendaraan dan lingkungan. Untuk mengurangi risiko, diperlukan peningkatan edukasi dan kampanye keselamatan, penegakan aturan lalu lintas, pemeliharaan kendaraan, penerapan teknologi keselamatan modern, perbaikan infrastruktur jalan, serta pemantauan data secara sistematis menggunakan *Statistical Quality Control*.

Penelitian selanjutnya disarankan menganalisis *special causes* lebih mendalam, memanfaatkan data lebih granular (harian/bulanan), menerapkan metode lanjutan seperti *time series*, regresi multivariat, atau *machine learning*, serta mengintegrasikan data kendaraan, perilaku pengemudi, dan kondisi jalan untuk memperoleh gambaran faktor penyebab kecelakaan yang lebih komprehensif.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Heizer, Jay., Render, Barry., & Munson, Chuck. (2016). *Operations management : sustainability and supply chain management* (12th ed.). Pearson.
- International Transport Forum. (2024). *Road Safety Country Profile United States 2024*. <https://www.nhtsa.gov/press-releases/nhtsa-2023-traffic-fatalities-2024-estimates>
- Ishikawa, K. (1976). *Guide to Quality Control* (Asian Productivity Organization, Trans.; 2nd ed.).
- Mohammed, M. A., Worthington, P., & Woodall, W. H. (2008). Plotting basic control charts: Tutorial notes for healthcare practitioners. In *Quality and Safety in Health Care* (Vol. 17, Issue 2, pp. 137–145). <https://doi.org/10.1136/qshc.2004.012047>
- Montgomery, D. C. (2012). *Introduction to Statistical Quality Control* (7th ed.).
- National Center for Statistics and Analysis. (2025a). *Summary of motor vehicle traffic crashes: 2023 data*. <https://doi.org/doi:10.21949/rdm5-2086>
- National Center for Statistics and Analysis. (2025b). *Traffic safety facts 2023: A compilation of motor vehicle traffic crash data*. <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/>.
- Singh, S. (2018). *Critical reasons for crashes investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey*.
- Statistics, A. N. (2025, May 9). *Traffic Safety Facts annual report tables*. Retrieved from National Highway Traffic Safety Administration: <https://cdan.dot.gov/tsftables/tsfar.htm#>
- Vehicle Safety. (n.d.). Retrieved from National Highway Traffic Safety Administration.: <https://www.nhtsa.gov/vehicle-safety>
- Western Electric. (1956). *Statistical Quality Control Handbook* (1st ed.). Western Electric Co., Inc.
- World Health Organization. (2023). *Global status report on road safety 2023*.