

Pendekatan Haddon Matrix sebagai Upaya Intervensi Sistem Keselamatan Jalan Daerah Rawan Kecelakaan Kabupaten Pacitan

Haddon Matrix Approach for Road Safety Intervention in Pacitan Crash-Prone Areas

Bambang Istiyanto¹, Bagus Nuari Priambudi², Inas Fadiyah Hanin^{3*}, Reza Fitrama Nur Cahyono⁴, Azzah Ula Nabillah Yoni⁵, dan Achmad Yusron⁶

^{1,3,4,5,6}Rekayasa Sistem Transportasi Jalan, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Tegal, Indonesia

²Departemen Sipil dan Perencanaan, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

¹bambangistiyanto@pktj.ac.id, ²bagusnuaripriambudi@live.undip.ac.id, ^{3*}hanininas@pktj.ac.id, ⁴rezafitrama02@gmail.com,

⁵azzahulanbillahyoni@gmail.com, ⁶ahmadyusron272@gmail.com

Abstrak

Kecelakaan lalu lintas merupakan masalah serius karena menyebabkan tingginya angka cedera, kematian dan kerugian ekonomi di dunia. Kabupaten Pacitan dengan kondisi geografis yang didominasi jalan berkelok dan berbukit, memiliki tingkat kecelakaan yang tinggi terutama daerah rawan kecelakaan. Penelitian ini bertujuan menganalisis penyebab kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Pacitan menggunakan pendekatan *Haddon Matrix*. Metode ini dilakukan melalui analisis faktor manusia, kendaraan dan lingkungan berdasarkan tiga fase utama, yaitu pra-kecelakaan, saat kecelakaan, dan pasca-kecelakaan. Data kecelakaan yang dianalisis mencakup 1.393 kejadian selama periode 2019-2023 dari lima ruas jalan dengan nilai EAN tertinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 97,7% kecelakaan disebabkan oleh faktor manusia, dengan 72% pelaku tidak memiliki SIM dan 85% korban adalah pengendara sepeda motor. Analisis korelasi menunjukkan hubungan signifikan antara kecepatan berlebih dengan tingkat fatalitas ($r=0.742$, $p<0.01$). Penerapan *Haddon Matrix* berhasil mengidentifikasi 24 titik intervensi prioritas dengan tingkat kepentingan tinggi (67%), sedang (25%), dan rendah (8%). Intervensi fase pra-kecelakaan memiliki efektivitas pencegahan tertinggi (78%), diikuti fase saat kecelakaan (15%) dan pasca-kecelakaan (7%). Pendekatan *Haddon Matrix* berhasil mengidentifikasi peluang intervensi pada setiap fase kecelakaan, seperti perbaikan infrastruktur jalan, penegakan hukum yang ketat dan edukasi keselamatan lalu lintas. Rekomendasi berbasis 3E (*Engineering, Enforcement, Education*) diusulkan sebagai solusi komprehensif untuk menurunkan angka kecelakaan dan meningkatkan keselamatan jalan. Kolaborasi antara pemerintah, masyarakat dan lembaga terkait menjadi kunci untuk menciptakan sistem keselamatan jalan yang berkelanjutan di Kabupaten Pacitan.

Kata kunci: Matriks Haddon, Kecelakaan lalu lintas, Keselamatan jalan, Intervensi

Abstract

*Traffic accidents are a serious issue due to their contribution to high rates of injuries, fatalities, and economic losses worldwide. Pacitan Regency, characterized by winding and hilly roads, has a high accident rate, particularly in accident-prone areas. This study aims to analyze the causes of traffic accidents in Pacitan Regency using the Haddon Matrix approach. This method examines human, vehicle, and environmental factors across three main phases: pre-crash, crash, and post-crash. The analyzed data includes 1,393 accident cases from 2019 to 2023, focusing on five road segments with the highest Equivalent Accident Number (EAN) values. The results show that 97.7% of accidents were caused by human factors, with 72% of offenders lacking a valid driving license and 85% of victims being motorcyclists. Correlation analysis indicates a significant relationship between speeding and fatality levels ($r = 0.742$, $p < 0.01$). The application of the Haddon Matrix successfully identified 24 priority intervention points, with high (67%), medium (25%), and low (8%) levels of urgency. Pre-crash interventions were found to be the most effective (78%), followed by crash (15%) and post-crash (7%) interventions. The Haddon Matrix approach effectively highlights opportunities for interventions in each crash phase, including road infrastructure improvements, stricter law enforcement, and traffic safety education. Recommendations based on the 3E principles (*Engineering, Enforcement, Education*) are proposed as a comprehensive solution to reduce accidents and enhance road safety. Collaboration between the government, communities, and relevant institutions is key to building a sustainable road safety system in Pacitan Regency.*

Keywords: *Haddon Matrix, Traffic accidents, Road safety, Interventions*

1. Pendahuluan

Kecelakaan lalu lintas adalah peristiwa tidak terduga di mana melibatkan kendaraan maupun orang, menyebabkan korban dan kehilangan harta benda [1]. Berdasarkan data global, kecelakaan lalu lintas menjadi tantangan kesehatan masyarakat yang serius khususnya di wilayah dengan infrastruktur jalan belum memadai [2]. Menurut data Badan Pusat Statistik Indonesia, jumlah kecelakaan pada Tahun 2022 mencapai 139.258 kejadian dan kerugian mencapai Rp 200 triliun per tahun [3]. Peningkatan angka kecelakaan lalu lintas didorong oleh berbagai

faktor, seperti bertambahnya jumlah kendaraan, pelanggaran lalu lintas, perilaku pengemudi yang tidak disiplin dan kebiasaan mengemudi dengan kecepatan melebihi batas maksimum [4].

Kabupaten Pacitan merupakan salah satu daerah di Indonesia dengan tingkat kecelakaan lalu lintas yang tinggi. Kondisi geografis yang didominasi dengan jalan berkelok dan berbukit, sering menjadi faktor penyebab kecelakaan, khususnya di lokasi rawan kecelakaan yang tidak dilengkapi fasilitas keselamatan jalan yang memadai. Menurut data dari Kepolisian Resort Kabupaten Pacitan, jumlah kecelakaan dari Tahun 2019 – 2023 mencapai 1.393 kejadian, di mana mayoritas korban (85%) adalah pengendara sepeda motor dan 97% penyebab kecelakaan berasal dari faktor manusia [5].

Pendekatan *Haddon Matrix* menjadi kerangka kerja yang efektif dalam menganalisis kecelakaan lalu lintas untuk memahami dan mengatasi permasalahan ini. Pendekatan ini dikembangkan oleh William Haddon dengan membagi proses kecelakaan menjadi tiga fase utama, yaitu pra-kejadian, saat kejadian, dan pasca-kejadian. Selain itu, *Haddon Matrix* mengintegrasikan empat elemen utama, yaitu manusia (*host*), kendaraan (*agent*), lingkungan fisik dan sosial [6]. Pendekatan ini membantu mengidentifikasi peluang intervensi di setiap fase kecelakaan, mulai dari pencegahan hingga mitigasi dampak kecelakaan [7].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan *Haddon Matrix* mampu mengurangi angka kecelakaan melalui berbagai intervensi berbasis bukti. Pada fase sebelum kejadian, intervensi dapat berupa edukasi pengemudi, pemasangan rambu lalu lintas, dan penegakan hukum yang lebih ketat. Pada saat kejadian, teknologi keselamatan seperti sabuk pengaman dan sistem pengematan otomatis berperan penting dalam menekan tingkat fatalitas. Sementara itu, pada fase setelah kecelakaan, ketersediaan layanan darurat cepat dan fasilitas kesehatan yang memadai menjadi faktor penentu dalam mengurangi jumlah korban jiwa [8].

Sebagai contoh penelitian "Road Accident Hazard Prevention by Applying the Haddon Matrix" mengintegrasikan pendekatan *Haddon Matrix* dengan intervensi berbasis 3E (*Engineering, Enforcement, Education*) seperti perbaikan infrastruktur jalan dan edukasi keselamatan lalu lintas [9]. Penelitian ini dikembangkan dengan memperluas penerapan intervensi 3E (*Engineering, Enforcement, Education*) melalui identifikasi infrastruktur yang lebih spesifik di Kabupaten Pacitan. Selain mengadopsi pendekatan *Haddon Matrix*, penelitian juga mengembangkan analisis lebih mendalam berdasarkan data lokal. Penelitian terdahulu diterapkan dalam konteks geografis, sosial, dan ekonomi Kabupaten Pacitan untuk menghasilkan rekomendasi yang lebih terfokus pada kebutuhan wilayah tersebut.

Penerapan *Haddon Matrix* sangat relevan untuk memahami penyebab kecelakaan dan merancang intervensi tepat sasaran. Kombinasi analisis faktor manusia, kendaraan dan lingkungan dapat memberikan rekomendasi strategis untuk mengurangi angka kecelakaan lalu lintas. Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor penyebab kecelakaan secara terstruktur sehingga dapat menentukan solusi pencegahan terhadap terjadinya kecelakaan yang sama di masa depan.

2. Metode

2.1. Pengumpulan Data

Lokasi penelitian dilakukan di 5 ruas jalan (Jalan Bts. Pacitan – Bts. Trenggalek, Jalan Pacitan – Ponorogo, Jalan Pacitan – Glonggong, Jalan Tentara Pelajar, dan Jalan WR. Supratman) Kabupaten Pacitan, Provinsi Jawa Timur. Penelitian yang dilakukan dengan pendekatan kuantitatif bertujuan untuk menggambarkan atau menjelaskan suatu peristiwa dengan menggunakan data numerik atau statistik. Berikut metode pengumpulan data yang digunakan, antara lain dengan studi literatur dan data sekunder. Studi literatur adalah proses pengumpulan informasi dari berbagai sumber referensi atau literatur yang relevan dengan topik penelitian. Tujuan dari studi literatur adalah untuk membangun dasar teori yang kuat terhadap penelitian yang sedang dilakukan. Data sekunder yang diperlukan yaitu data kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Pacitan dengan periode tahun 2019 sampai 2023 yang diperoleh dari Polres Kabupaten Pacitan.

2.2. Analisis Data

2.2.1. Metode *Equivalent Accident Number* (EAN)

Penilaian tingkat keparahan kecelakaan dilakukan menggunakan metode *Equivalent Accident Number* (EAN) yang dikembangkan oleh Oktopianto dan Pangesty (2021). Metode ini memberikan bobot berbeda pada setiap jenis kecelakaan berdasarkan tingkat keparahan dampaknya terhadap korban. Nilai pembobotan yang digunakan untuk meninggal dunia = 12, luka berat = 6, luka ringan = 3, dan kerusakan kendaraan = 1 [1].

$$EAN = (12 \times MD) + (6 \times LB) + (3 \times LR) + (1 \times K) \quad (1)$$

EAN adalah *Equivalent Accident Number*, MD adalah meninggal dunia, LB adalah luka berat, LR adalah luka ringan, dan K adalah kerusakan kendaraan. Penentuan lokasi rawan kecelakaan di Kabupaten Pacitan menggunakan metode EAN dengan cara mengukur tingkat resiko atau keparahan kecelakaan tertinggi berdasarkan data kecelakaan Tahun 2019 – 2023. Tabel 1 menampilkan lima ruas jalan yang memiliki nilai EAN lebih besar daripada jalan lainnya. Berdasarkan Tabel 1, 5 ruas jalan dengan nilai EAN tertinggi antara lain Jl. Bts Pacitan – Bts Trenggalek, Jl. Pacitan – Ponorogo, Jl. Pacitan – Glonggong, Jl. Tentara Pelajar, dan Jl. WR. Supratman.

Tabel 1. Analisis EAN

No	Lokasi Kecelakaan	Jumlah Kejadian	Tingkat Keparahan Korban				Pembobotan				Total	Status Jalan	Fungsi Jalan
			MD	LB	LR	K	MD 12	LB 6	LR 3	K 1			
1	Jl. Bts Pacitan - Bts Trenggalek	165	23	4	226	1	276	24	678	1	979	Nasional	Arteri
2	Jl. Pacitan - Ponorogo	178	17	3	179	1	204	18	537	1	760	Provinsi	Kolektor
3	Jl. Pacitan - Glonggong	185	15	1	183	0	180	6	549	0	735	Nasional	Arteri
4	Jl. Tentara Pelajar	83	3	0	64	0	36	0	192	0	228	Provinsi	Kolektor
5	Jl. WR. Supratman	34	2	0	29	0	24	0	87	0	111	Nasional	Arteri

2.2.2. Haddon Matrix

Pendekatan epidemiologis terhadap cedera, analisis kecelakaan dapat ditingkatkan dengan menilai faktor risiko pada setiap fase kejadian. Penerapan model *Haddon Matrix* dalam penanganan cedera terkait kecelakaan lalu lintas memberikan kerangka kerja untuk mengidentifikasi variabel risiko agar bisa diambil tindakan preventif lebih aktif di setiap tahapan [7]. *Haddon Matrix* digunakan untuk menganalisis faktor penyebab kecelakaan serta intervensi yang dapat diterapkan untuk mencegah dan mengurangi dampak kecelakaan. *Haddon Matrix* menggabungkan tiga fase kecelakaan (pra-kecelakaan, saat kecelakaan, dan pasca kecelakaan) dengan tiga kategori faktor, yaitu manusia, kendaraan dan lingkungan [10]. *Haddon Matrix* membantu mengklasifikasikan upaya pencegahan fatalitas kecelakaan berdasarkan fase kejadian dan penyebab sehingga dapat mendukung kebijakan publik dalam pencegahan kecelakaan secara sistematis [10]. *Haddon Matrix* yang dikembangkan oleh William Haddon, disusun dalam bentuk grid dengan empat kolom untuk faktor pengaruh (*host, agent/vehicle, lingkungan fisik dan sosial*) dan tiga baris mewakili cedera (sebelum, saat, dan setelah peristiwa) (Tabel 2) [8].

Tabel 1. Tabel *Haddon Matrix* [6]

Fase Kecelakaan	Pengendara	Kendaraan	Lingkungan
Sebelum kejadian	Kondisi pengemudi sebelum kecelakaan	Kondisi teknis kendaraan sebelum kecelakaan	Faktor – faktor lingkungan sebelum kecelakaan
Kejadian	Perilaku atau reaksi pengemudi saat kecelakaan	Performa kendaraan selama kecelakaan	Keadaan lingkungan yang memengaruhi kecelakaan
Sesudah kejadian	Kondisi korban setelah kecelakaan	Kerusakan kendaraan akibat kecelakaan	Renspons lingkungan setelah kecelakaan

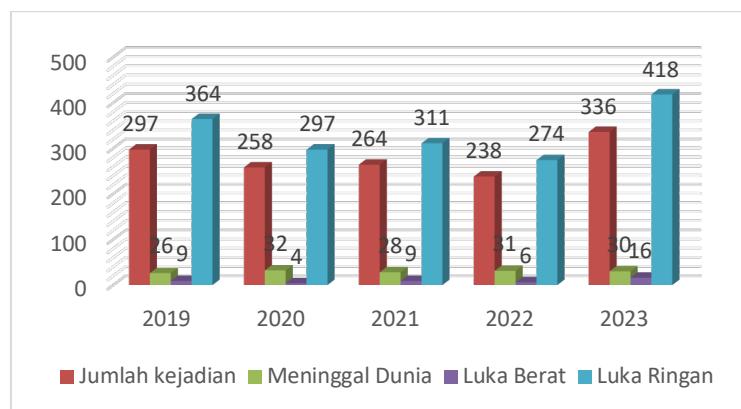
Setiap saat manusia, kendaraan dan lingkungan berada dalam dua keadaan, antara lain keadaan umum (*global state*) dan keadaan saat kejadian (*actual state*). Keduanya saling berhubungan, sehingga keadaan pengemudi bergantung pada keadaan global kendaraan, lingkungan, dan kondisi pengemudi. Jika reaksi pengemudi tidak sesuai dengan keadaan saat kejadian, maka potensi bahaya pasti akan terjadi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

3.1.1. Data Kecelakaan di Kabupaten Pacitan

Penelitian ini mengambil data kecelakaan dari Polres Kabupaten Pacitan dalam 5 tahun terakhir dari Tahun 2019 sampai dengan Tahun 2023. Jumlah kecelakaan tertinggi terjadi pada Tahun 2023 di mana mencapai 336 kejadian dengan korban meninggal sebanyak 30 orang, 16 orang luka berat dan 418 orang luka ringan (Gambar 1.).



Gambar 1. Grafik Kecelakaan Tahun 2019 – 2023[5]

Tabel 3. Penyebab Kecelakaan di Kabupaten Pacitan [5]

No	Penyebab	Tahun					Total	%
		2019	2020	2021	2022	2023		
1	Pengemudi	293	246	260	232	330	1361	97,7%
2	Jalan	1	4	1	2	1	9	0,65%
3	Kendaraan	0	1	2	0	2	5	0,36%
4	Alam	3	7	1	4	3	18	1,29%
5	Teknologi	0	0	0	0	0	0	0,00%
Total		297	258	264	238	336	1393	100%

Tabel 4. Penyebab Kecelakaan Berdasarkan Faktor Pengemudi [5]

No	Faktor Berdasarkan Pengemudi	Tahun					Total
		2019	2020	2021	2022	2023	
1	Lengah	74	62	53	60	74	323
2	Lelah	0	0	1	5	4	10
3	Mengantuk	0	7	0	0	3	10
4	Sakit	0	0	0	1	0	1
5	Tidak tertib	219	177	206	166	249	1017
6	Tekanan Psikologis	0	0	0	0	0	0
7	Pengaruh obat	0	0	0	0	0	0
8	Pengaruh alkohol/minuman keras	0	0	0	0	0	0
9	Batas kecepatan	0	0	0	0	0	0
Total		293	246	260	232	330	1361

Tabel 3 menunjukkan bahwa kecelakaan di Kabupaten Pacitan 97,7% disebabkan oleh manusia, 0,65% oleh jalan, 0,36% oleh kendaraan dan 1,29% oleh alam. Berdasarkan Tabel 4, faktor penyebab terjadinya kecelakaan karena manusia paling banyak disebabkan oleh perilaku pengemudi yang tidak tertib berlalu lintas dan lengah dalam berkendara.

3.1.2 Perilaku Pengemudi

Identifikasi perilaku pengemudi di daerah rawan kecelakaan diperlukan untuk memahami perilaku yang berpotensi meningkatkan risiko kecelakaan. Identifikasi dilakukan dengan mengumpulkan data perilaku yang mencakup aspek seperti kepatuhan terhadap peraturan lalu lintas, penggunaan alat keselamatan, kebiasaan mengemudi dan sikap pengemudi terhadap keselamatan jalan. Survei dilakukan dengan mengambil 60 sampel kendaraan di beberapa titik jalan rawan kecelakaan. Tabel 5 menyajikan data mengenai perilaku pengendara sepeda motor terkait penggunaan helm dan kelengkapan spion. Data tersebut membuktikan bahwa masih ada pelanggaran yang dilakukan pengemudi sepeda motor dalam berlalu lintas.

Tabel 5. Perilaku Pengendara Sepeda Motor

No	Peak	Nama Ruas	Menggunakan Helm		Tidak Menggunakan Helm		Menggunakan Spion		Tidak Menggunakan Spion	
			Jumlah	Persen	Jumlah	Persen	Jumlah	Persen	Jumlah	Persen
1	Sore	Jl. Bts Pacitan - Bts Trenggalek	45	75%	15	25%	51	85%	9	15%
2	Pagi	Jl. Pacitan - Ponorogo	46	77%	14	23%	50	83%	10	17%
3	Sore	Jl. Pacitan - Glonggong	48	80%	12	20%	54	90%	6	10%
4	Sore	Jl. Tentara Pelajar	52	87%	8	13%	55	92%	5	8%
5	Sore	Jl. WR. Supratman	54	90%	6	10%	50	83%	10	17%
Total			245	82%	55	18%	260	87%	40	13%

Tabel 6. Perilaku Mobil Penumpang

No	Peak	Nama Ruas	Pengemudi Tidak Menggunakan Sabuk Pengaman		Pengemudi Menggunakan Sabuk Pengaman	
			Jumlah	Persen	Jumlah	Persen
1	Sore	Jl. Bts Pacitan - Bts Trenggalek	18	30%	42	70%
2	Pagi	Jl. Pacitan - Ponorogo	12	20%	48	80%
3	Sore	Jl. Pacitan - Glonggong	15	25%	45	75%
4	Sore	Jl. Tentara Pelajar	8	13%	52	87%
5	Sore	Jl. WR. Supratman	18	30%	42	70%
Total			71	24%	229	76%

Tabel 6 menunjukkan perilaku pengemudi mobil terkait penggunaan sabuk pengaman. Data ini memberikan gambaran tentang kesadaran pengemudi mobil akan pentingnya perlindungan diri saat berkendara. Tabel 7 dan Tabel 8 merupakan data perilaku pejalan kaki menyusuri dan menyebrang jalan di kawasan daerah rawan kecelakaan. Pengamatan pada perilaku pejalan kaki ini digunakan untuk memahami pola interaksi antara pejalan kaki dan kendaraan yang ikut memengaruhi risiko kecelakaan di lokasi tersebut.

Tabel 7. Perilaku Pejalan Kaki Menyeberang

No	Nama Ruas	Jumlah Pejalan Menyebrang	Memenuhi Prosedur 4 T		Jalan	Lari	Perilaku Menyebrang		Fasilitas yang Digunakan	
			Ya	Tidak			Menggunakan HP	Berbicara	Zebra Cross	Non Zebra Cross
1	Jl. Bts Pacitan - Bts Trenggalek	13	9	4	10	3	3	4	8	5
2	Jl. Pacitan - Ponorogo	3	2	1	3	0	1	0	0	3
3	Jl. Pacitan - Glonggong	14	10	4	9	5	4	3	11	3
4	Jl. Tentara Pelajar	11	9	2	9	2	3	2	7	4
5	Jl. WR. Supratman	9	7	2	8	1	1	2	6	4
Total		50	37	13	39	11	12	11	32	19
Persentase			74%	26%	78%	22%	24%	22%	64%	38%

Tabel 8. Perilaku Pejalan Kaki Menyusuri

No	Nama Ruas	Jumlah Pejalan Menyusuri	Disiplin (Waspada)	Menggunakan HP	Berbicara	Menggunakan Trotoar	
						Ya	Tidak
1	Jl. Bts Pacitan - Bts Trenggalek	9	9	1	3	0	9
2	Jl. Pacitan - Ponorogo	6	6	1	0	0	6
3	Jl. Pacitan - Glonggong	5	5	0	0	0	5
4	Jl. Tentara Pelajar	7	7	1	2	0	7
5	Jl. WR. Supratman	8	8	2	0	0	8
Total		19	19	3	2	0	19
Persentase			100%	16%	11%	0%	100%

3.1.3 Kecepatan Kendaraan

Kecepatan kendaraan mencerminkan perilaku atau kebiasaan pengemudi di jalan. Dengan menganalisis kecepatan kendaraan di titik – titik kritis, dapat diidentifikasi jumlah pelanggaran terhadap batas kecepatan yang telah ditetapkan. Jalan Bts pacitan – Trenggalek, Jalan Pacitan – Glonggong, dan Jalan WR. Supratman merupakan jalan arteri primer tanpa median dengan batas kecepatan maksimum 60 km/jam. Berdasarkan Tabel 9, 10 dan 11, masih terdapat kendaraan yang melaju melebihi kecepatan maksimum baik sepeda motor dan mobil.

Tabel 9. Kecepatan Kendaraan di Jalan Bts Pacitan – Bts. Trenggalek

No	Jenis Kendaraan	Kecepatan Minimum	Kecepatan Maksimum	Rata – Rata	Percentil 85
1	Sepeda motor	36	76	57	67
2	Mobil	32	75	55	65
3	Pick up	38	69	52	59
4	Truck	30	67	47	57

Tabel 10. Kecepatan Kendaraan di Jalan Pacitan - Glonggong

No	Jenis Kendaraan	Kecepatan Minimum	Kecepatan Maksimum	Rata – Rata	Percentil 85
1	Sepeda motor	42	74	55	67
2	Mobil	32	72	51	62
3	Pick up	34	67	53	60
4	Truck	30	61	43	55

Tabel 11. Kecepatan Kendaraan di Jalan WR. Supratman

No	Jenis Kendaraan	Kecepatan Minimum	Kecepatan Maksimum	Rata – Rata	Percentil 85
1	Sepeda motor	42	78	56	62
2	Mobil	42	76	54	58
3	Pick up	38	60	49	54
4	Truck	32	62	47	51

Jalan Pacitan – Ponorogo dan Jalan Tentara Pelajar merupakan jalan kolektor primer tanpa median dengan batas kecepatan maksimum 50 km/jam. Tabel 12 dan 13 menunjukkan bahwa masih banyak juga kendaraan yang melanggar batas kecepatan tersebut.

Tabel 12. Kecepatan Kendaraan di Jalan Pacitan - Ponorogo

No	Jenis Kendaraan	Kecepatan Minimum	Kecepatan Maksimum	Rata – Rata	Percentil 85
1	Sepeda motor	36	70	50	58
2	Mobil	35	68	48	55
3	Pick up	32	53	42	49
4	Truck	30	57	42	45

Tabel 13. Kecepatan Kendaraan di Jalan Tentara Pelajar

No	Jenis Kendaraan	Kecepatan Minimum	Kecepatan Maksimum	Rata – Rata	Percentil 85
1	Sepeda motor	40	86	60	76
2	Mobil	38	78	57	69
3	Pick up	36	69	51	57
4	Truck	37	64	50	57

3.1.4 Kondisi Jalan

Kabupaten Pacitan memiliki karakteristik jalan berkelok, tanjakan dan turunan. Kondisi ini juga diperparah dengan infrastruktur jalan yang terbatas. Gambar 2 menunjukkan jalan yang mengalami keretakan, minimnya penerangan, berlubang, tidak adanya pagar pembatas dan termasuk jalan yang memiliki tikungan tajam.



Gambar 2. Mulai Sebelah Kiri Jalan Bts. Pacitan – Bts. Trenggalek dan Ruas Jalan Pacitan – Glonggong

3.1.5 Kondisi Alam

Faktor cuaca seperti hujan lebat, longsor, kabut, banjir dapat meningkatkan risiko kecelakaan di jalan. Erosi akibat hujan dan potensi longsor menjadi ancaman di jalan yang melewati area perbukitan. Gambar 3 merupakan Jalan Pacitan – Ponorogo yang termasuk daerah dengan tingkat risiko kecelakaan yang tinggi. Pada musim hujan, ruas jalan ini seringkali terjadi tanah longsor, kabut dan pohon tumbang. Kondisi ini diperparah dengan minimnya penerangan jalan yang dapat meningkatkan bahaya terutama saat malam hari.



Gambar 3. Ruas Jalan Pacitan – Ponorogo

3.1.6 Jarak DRK ke Fasilitas Kesehatan Terdekat

Sebagai bentuk penanganan pasca kecelakaan, akses menuju fasilitas kesehatan terdekat sangat menentukan peluang hidup korban kecelakaan. Perlu dipastikan adanya akses jalan yang memadai serta ketersediaan layanan ambulans dan komunikasi darurat untuk mempercepat rujukan ke fasilitas kesehatan. Kombinasi intervensi ini dapat membantu mengurangi angka fatalitas pasca kecelakaan. Tabel 14. menunjukkan jarak daerah rawan kecelakaan menuju fasilitas kesehatan terdekat.

Tabel 14. Jarak DRK ke Faskes Terdekat

No	Nama Jalan	Faskes Terdekat	Jarak (Km)
1	Jl. Bts Pacitan - Bts Trenggalek	RSU Medical Mandiri	0,5
2	Jl. Pacitan - Ponorogo	Puskesmas Arjosari	1,5
3	Jl. Pacitan - Glonggong	Puskesmas Punung	2,5
4	Jl. Tentara Pelajar	Puskesmas Tanjungsari	2,6
5	Jl. WR. Supratman	RSU Agung Mulia	1,6

3.2. Pembahasan

3.2.1. Analisis *Haddon Matrix*

Tabel 15 menjelaskan penyebab kecelakaan berdasarkan Analisis *Haddon Matrix* yang menguraikan faktor penyebab kecelakaan pada tiga fase utama.

Tabel 15. Identifikasi Faktor Risiko, Kondisi, Prioritas, dan Intervensi pada Berbagai Fase Kecelakaan

Fase	Faktor	Kondisi Teridentifikasi	Prioritas	Intervensi yang Disarankan
Pra-Kecelakaan	Manusia	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak menggunakan helm (25%) - Tidak menggunakan sabuk pengaman (30%) - Mengemudi melebihi batas kecepatan - Tidak memiliki SIM (72%) 	TINGGI	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Edukasi keselamatan ✓ Penegakan hukum ketat ✓ Kampanye penggunaan APD
	Kendaraan	<ul style="list-style-type: none"> - Sepeda motor tanpa spion (15%) - Kendaraan tanpa <i>airbag</i> - Muatan berlebih pada truk 	SEDANG	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pemeriksaan berkala ✓ Regulasi <i>airbag</i> ✓ Pos pemeriksaan muatan
	Lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> - Penerangan jalan minim - Jalan berkelok tanpa rambu - Drainase buruk - Marka jalan pudar 	TINGGI	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pemasangan lampu jalan ✓ Pemeliharaan rambu ✓ Perbaikan drainase
Saat Kecelakaan	Manusia	<ul style="list-style-type: none"> - Respons tidak terlatih - Gerakan berlebihan saat darurat - Pengemudi muda agresif 	SEDANG	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pelatihan defensive driving ✓ Simulasi situasi darurat
	Kendaraan	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak ada sistem ESC/ABS - <i>Airbag</i> tidak berfungsi - Posisi kendaraan terbalik 	TINGGI	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Regulasi ESC/ABS ✓ Retrofitting teknologi
	Lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> - Jalan licin (<i>aquaplaning</i>) - Kondisi lalu lintas ramai 	SEDANG	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aspal anti-selip ✓ Manajemen lalu lintas
Pasca-Kecelakaan	Manusia	<ul style="list-style-type: none"> - Keterlambatan panggilan darurat - Kurang terampil dalam P3K 	SEDANG	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Edukasi nomor darurat ✓ Pelatihan P3K masyarakat
	Kendaraan	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak ada kotak P3K - Tidak ada pemecah kaca 	RENDAH	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Wajib kotak P3K ✓ Peralatan evakuasi
	Lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> - Jarak jauh ke rumah sakit - Penerangan kurang - Akses sulit 	TINGGI	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pos kesehatan darurat ✓ Jalur evakuasi cepat

Keterangan

TINGGI: Memerlukan tindakan segera, berdampak fatal tinggi, SEDANG: Memerlukan tindakan terencana, berdampak moderat, RENDAH: Dapat ditunda, berdampak minimal

3.2.2. Intervensi Faktor Manusia

Sebelum kecelakaan: (1). Kesalahan perilaku pengemudi dan ketidakpatuhan terhadap peraturan keselamatan merupakan faktor yang meningkatkan potensi terjadinya kecelakaan. Penelitian yang terdahulu [11] menegaskan bahwa pentingnya meningkatkan kesadaran masyarakat tentang penggunaan alat keselamatan seperti helm dan sabuk pengaman. Kampanye kesadaran keselamatan berupa edukasi dan tata cara menjadi pengguna jalan yang baik untuk semua kalangan usia, untuk menciptakan kondisi jalan yang aman dan nyaman. Kampanye kesadaran keselamatan yang efektif serta konsisten diharapkan dapat memberikan pemahaman dan penekanan khususnya pengemudi usia muda yang dianggap memiliki tingkat kematian lebih tinggi [14]. (2). Pengawasan dan penegakan hukum dengan melakukan operasi kepatuhan terhadap lalu lintas seperti sabuk pengaman serta helm. (3). Peningkatan infrastruktur jalan seperti membuat trotoar dan pembatas jalan yang dapat melindungi pejalan kaki dari kendaraan bermotor. (4). Memasang kamera pemantau kecepatan di lokasi rawan kecelakaan untuk menindak pengemudi yang melanggar batas kecepatan. Pemasangan kamera kecepatan di lokasi rawan kecelakaan dapat mengurangi terjadinya kecelakaan 20-25% dengan memengaruhi perilaku pengemudi untuk mempertahankan atau menurunkan kecepatan [15].

Saat kecelakaan: selain mempunyai SIM dan pengetahuan berkendara terkait peraturan, perlunya diadakan edukasi serta pelatihan pengemudi defensive untuk membantu meningkatkan respon mengidentifikasi bahaya dengan cepat dan tepat. Contoh saja pada negara Jepang yang mengadakan sekolah berkendara dimana memungkinkan pengendara praktik kemampuan berkendara setelah mendapatkan surat izin mengemudi. Programnya antara lain mengajarkan pengetahuan tipe jalan, makna marka, cara parkir dan lainnya [16].

Sesudah kecelakaan: (1). Korban kecelakaan hanya memiliki waktu satu jam untuk mendapatkan perawatan medis agar peluang hidupnya tinggi. Namun, kenyataannya pada negara berpenghasilan rendah dan menengah, hanya 30% dari korban yang menerima layangan medis darurat dalam waktu satu jam [17]. Perlunya dilakukan edukasi atau program pelatihan kepada masyarakat terhadap langkah – langkah pasca kecelakaan. Keberadaan saksi yang memiliki kesadaran untuk menghubungi layanan darurat sangat penting dalam tindakan pasca kecelakaan karena dapat meningkatkan peluang hidup korban [17]. (2). Baik pengguna jalan maupun warga yang memiliki ketrampilan pertolongan pertama sangat membantu waktu – waktu kritis korban sampai petugas medis tiba.

3.2.3. Intervensi Faktor Kendaraan

Sebelum kecelakaan: (1). Pemerintah harus bisa mengajak dan mendorong masyarakat terhadap pentingnya pemasangan *airbag* baik kendaraan baru maupun lama dengan pemberlakuan regulasi *airbag*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan [18] *airbag* dapat mengurangi angka kematian akibat tabrakan hingga 63% (*Odds Ratio* [OR] = 0,37, 95% CI: 0,32 – 0,42). Teknologi ini mampu melindungi pengemudi dan penumpang dari cedera parah, terutama saat kecepatan tinggi. Penggunaan *airbag* akan lebih efektif apabila digunakan bersamaan dengan sabuk pengaman dibandingkan dengan penggunaan secara terpisah. Hal ini menunjukkan pentingnya kombinasi teknologi keselamatan sebagai perlindungan secara maksimal [18]. (2). Melakukan penegakan hukum untuk kendaraan melebihi muatan melalui pos pemeriksaan yang ketat di jalan raya. Beban yang berlebih sangat membahayakan karena berdampak pada stabilitas kendaraan dan kemampuan pengereman. (3). Pemeriksaan rutin terkait kelengkapan kendaraan seperti kaca spion oleh kepolisian dan diberikan pemahaman terkait regulasinya. Kaca spion dapat membantu melihat lalu lintas di belakangnya, sehingga pengendara bisa mengambil keputusan yang lebih aman [19].

Saat kecelakaan: Mendorong Penggunaan ESC dan ABS melalui regulasi untuk *retrofitting* kendaraan lama. Kedua teknologi ini dapat saling mendukung apabila terjadi kondisi kritis, di mana ABS mengurangi jarak pengereman pada jalan licin dan ESC menjaga kendali saat terjadi selip. Menurut [20] bahwa sistem kendali stabilitas elektronik (ESC) mampu mengurangi 53% fatal tunggal dan 54,5% kecelakaan *run-off-road*.

Sesudah kecelakaan: (1). Perlunya pengembangan serta penerapan *airbag* dengan sistem kontrol yang mendeteksi kecelakaan secara akurat untuk mengurangi fatalitas pasca kecelakaan. Selain itu, pemeriksaan rutin seperti *airbag*, sabuk pengaman, dan rem secara berkala penting untuk dilakukan. (2). Mewajibkan kendaraan seperti mobil dan bus untuk menyediakan peralatan P3K serta pemecah kaca. Alat keselamatan tambahan ini dapat meningkatkan peluang hidup korban karena tim penyelamat dapat bergerak cepat dalam keadaan darurat.

Berdasarkan analisis Haddon Matrix, prioritas intervensi diklasifikasikan menggunakan matriks dampak-kemudahan implementasi:

Tabel 17. Klasifikasi Prioritas Intervensi

Kategori Prioritas	Jumlah Intervensi	Percentase (%)	Contoh Intervensi
Prioritas Tinggi	16	67%	Penegakan hukum helm, Perbaikan drainase, Pemasangan lampu jalan
Prioritas Sedang	6	25%	Retrofitting ESC/ABS, Pelatihan defensive driving

Kategori Prioritas	Jumlah Intervensi	Percentase (%)	Contoh Intervensi
Prioritas Rendah	2	8%	Kotak P3K wajib, Pemecah kaca
Total	24	100%	

Sumber: Hasil analisis

3.2.4. Intervensi Faktor Lingkungan

Intervensi pada fase ini difokuskan pada pencegahan terjadinya kecelakaan. Edukasi keselamatan lalu lintas dilakukan melalui kampanye penggunaan helm dan sabuk pengaman yang ditargetkan pada kelompok usia 15-29 tahun. Penegakan hukum diperketat melalui operasi rutin di lima titik rawan kecelakaan. Infrastruktur jalan diperbaiki dengan pemasangan 45 titik lampu penerangan dan perbaikan sistem drainase di 12 lokasi kritis. Teknologi keselamatan pasif dikembangkan melalui regulasi wajib ESC dan ABS untuk kendaraan baru. Program *retrofitting* diluncurkan untuk kendaraan lama dengan subsidi pemerintah. Pelatihan *defensive driving* diselenggarakan bekerjasama dengan sekolah mengemudi resmi. Sistem respons darurat dipercepat dengan pembangunan 3 pos kesehatan darurat di lokasi strategis. Pelatihan pertolongan pertama diberikan kepada masyarakat di sekitar daerah rawan kecelakaan. Jalur evakuasi dioptimalkan dengan pelebaran jalan akses ke fasilitas kesehatan terdekat.

Sebelum kecelakaan: (1). Pemasangan rambu - rambu peringatan dan petunjuk arah dapat meningkatkan kewaspadaan pengemudi. Rambu berfungsi memberikan informasi dan panduan kepada pengemudi terutama di wilayah yang memerlukan perhatian ekstra. Selain itu, cermin cembung di tikungan tajam dapat mencegah terjadinya kecelakaan karena dapat melihat kendaraan dari lawan arah. (2). Pemasangan penerangan jalan umum untuk meningkatkan kemampuan pengemudi dalam melihat objek dan situasi di sekitar jalan, sehingga dapat melihat potensi bahaya lebih awal dan bereaksi cepat. (3). Pemasangan *guardrail* di tikungan dapat mengurangi tingkat fatalitas kecelakaan sehingga pengemudi tidak sampai jatuh keluar jalan atau jurang. (4). Membuat sistem drainase yang baik untuk manangani genangan air saat hujan agar tidak licin. Pada daerah rawan longsor perlunya pembuatan terasering atau dinding penahan tanah (*retaining walls*). (5). Perlunya dilakukan pemeliharaan rutin secara berkala untuk memperbaiki jalan rusak dan marka yang telah pudar.

Saat kecelakaan: (1). Memasang sistem drainase efektif dan permukaan anti-selip pada jalan rawan kecelakaan. Sebisa mungkin menggunakan aspal berpori agar air tidak menggenang di permukaan jalan. (2). Pemasangan pagar pembatas jalan dapat mencegah pengendara maupun kendaraan keluar jatuh ke area berbahaya di luar jalan.

Sesudah kecelakaan: (1). Aksesibilitas lokasi kecelakaan sangat menentukan peluang hidup korban kecelakaan. Memberikan perawatan medis dalam waktu *golden hour* (satu jam pertama setelah kecelakaan) dapat mengurangi fatalitas hingga 50% [17]. Infrastruktur jalan yang lebar dan tidak terhalang diperlukan supaya kendaraan tim penyelamat dapat bergerak cepat bahkan di lokasi terpencil sekalipun [21]. Memasang penerangan jalan umum di area yang memiliki visibilitas rendah pada saat malam hari atau lokasi rawan kecelakaan. Penerangan yang memadai dapat membantu tim evakuasi mencari posisi korban dan kondisi sekitar dengan cepat. Penerangan jalan yang memadai membantu mengurangi tingkat keparahan kecelakaan.

4. Simpulan

Penelitian ini menganalisis kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Pacitan menggunakan pendekatan *Haddon Matrix* untuk mengidentifikasi penyebab utama kecelakaan dan merumuskan intervensi keselamatan lalu lintas. Hasil analisis menunjukkan bahwa: (1). Faktor manusia dikarenakan ketidakdisiplinan pengemudi seperti kebiasaan mengemudi melebihi batas kecepatan, mengabaikan penggunaan helm dan sabuk pengaman menjadi penyebab dominan. (2). Faktor kendaraan disebabkan kegagalan sistem keselamatan kendaraan seperti rem yang tidak berfungsi, ban aus, dan tidak adanya fitur keselamatan modern seperti *airbag* dan ABS yang berpotensi meningkatkan fatalitas kecelakaan. (3). Faktor lingkungan disebabkan oleh infrastruktur jalan yang kurang memadai, seperti jalan berlubang, marka jalan pudar, minim penerangan, dan drainase buruk.

Penerapan *Haddon Matrix* dalam penelitian ini berhasil mengidentifikasi 24 titik intervensi dengan tingkat prioritas yang berbeda. Analisis korelasi menunjukkan bahwa faktor kecepatan memiliki hubungan paling kuat dengan tingkat fatalitas kecelakaan ($r = 0,742$). Efektivitas intervensi tertinggi ditemukan pada fase pra-kecelakaan (78%), yang menekankan pentingnya upaya pencegahan dibandingkan penanganan dampak kecelakaan. Implementasi pendekatan 3E (*Engineering, Enforcement, Education*) dengan prioritas tinggi pada 16 intervensi strategis diproyeksikan dapat menurunkan angka kecelakaan hingga 30-40% dalam periode 3 tahun. Kolaborasi stakeholder melalui pembentukan Tim Keselamatan Jalan Kabupaten Pacitan menjadi kunci keberhasilan implementasi rekomendasi penelitian ini.

5. Saran

Sebagai rekomendasi untuk meningkatkan keselamatan jalan, langkah – langkah berbasis 3E (*Engineering, Enforcement, Education*) perlu diterapkan secara terpadu. Dari sisi *Engineering*, perlu dilakukan pemeliharaan infrastruktur jalan, pemasangan penerangan jalan untuk meningkatkan visibilitas pada malam hari, pembuatan sistem drainase untuk menghindari terjadinya *aquaplaning*, perbaikan serta perawatan berkala untuk infrastruktur jalan, dan penambahan cermin cembung di tikungan tajam. Pada aspek *Enforcement*, diperlukan razia berkala untuk memastikan pengemudi mematuhi aturan seperti penggunaan helm dan sabuk pengaman, pemasangan kamera pemantau kecepatan, dan penegakan ketat terhadap aturan beban muatan kendaraan melalui pos pemeriksaan. Sementara dari sisi *Education*, kampanye kesadaran tentang pentingnya keselamatan jalan harus ditingkatkan, program pelatihan pertolongan pertama bagi masyarakat di sekitar lokasi rawan kecelakaan dan mengadakan pelatihan mengemudi defensive untuk meningkatkan kemampuan pengemudi menghadapi situasi darurat. Dengan adanya kolaborasi antara pemerintah, masyarakat dan lembaga terkait, diharapakan rekomendasi ini mampu menciptakan sistem keselamatan jalan yang baik dan berkelanjutan.

Kontribusi

Konseptor: Bambang Istiyanto; Kajian Pustaka: Bagus Nuari Priambudi, Reza Fitrama Nur Cahyono, Azzah Ula Nabillah Yoni, Achmad Yusron; Metodologi: Bambang Istiyanto, Inas Fadiyah Hanin; Pengumpulan Data:Lucky Andrian Putra Laksana, Amelia Febri Azzahra, Naufal Al Faiz; Pengolahan dan Interpretasi Data: Bagus Nuari Priambudi, Reza Fitrama Nur Cahyono, Azzah Ula Nabillah Yoni, Achmad Yusron; Pelaporan: Bambang Istiyanto, Inas Fadiyah Hanin; Pembahasan dan Simpulan: Seluruh Author.

Referensi

- [1] Y. Oktopianto, S. Shofiah, F. A. Rokhman, K. P. Wijayanti, and E. Krisdayanti, “Analisis Daerah Rawan Kecelakaan (Black Site) Dan Titik Rawan Kecelakaan (Black Spot) Provinsi Lampung,” *Journal Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*, vol. 5, 2021.
- [2] S. Kendi and M. L. Macy, “The Injury Equity Framework — Establishing a Unified Approach for Addressing Inequities,” *New England Journal of Medicine*, vol. 388, no. 9, pp. 774–776, Mar. 2023, doi: 10.1056/nejmp2212378.
- [3] bps.go.id, “Jumlah Kecelakaan, Korban Mati, Luka Berat, Luka Ringan, dan Kerugian Materi, 2022,” bps.go.id. Accessed: Oct. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NTEzIzI=/jumlah-kecelakaan-korban-mati-luka-berat-luka-ringan-dan-kerugian-materi.html>
- [4] G. Sugiyanto, A. Fadli, and M. Y. Santi, “Penerapan Hasil Audit Keselamatan Jalan di Lokasi Rawan Kecelakaan Lalu Lintas,” *Dinamisia : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 4, no. 1, pp. 50–58, Mar. 2020, doi: 10.31849/dinamisia.v4i1.3476.
- [5] Polres Pacitan, “Data Laka Lantas Polres Kabupaten Pacitan,” Pacitan, 2024.
- [6] W. Haddon, “THE CHANGING APPROACH TO THE EPIDEMIOLOGY. PREVENTION, AND AMELIORATION OF TRAUMA: THE TRANSITION TO APPROACHES ETIOLOGICALLY RATHER THAN DESCRIPTIVELY BASED,” *A.J.P.H.*, vol. 58, 1968.
- [7] S. Doza, V. Bovbjerg, S. Case, A. Vaughan, and L. Kincl, “Utilizing Haddon matrix to assess nonfatal commercial fishing injury factors in Oregon and Washington,” *Inj Epidemiol*, vol. 10, no. 1, Dec. 2023, doi: 10.1186/s40621-023-00428-7.
- [8] D. J. Barnett, R. D. Balicer, D. Blodgett, A. L. Fews, C. L. Parker, and J. M. Links, “The application of the Haddon matrix to public health readiness and response planning,” *Environ Health Perspect*, vol. 113, no. 5, pp. 561–566, May 2005, doi: 10.1289/ehp.7491.
- [9] P. Trivedi and J. Shah, “Road Accident Hazard Prevention by Applying the Haddon Matrix,” Springer Nature Singapore, pp. 247–257, 2022.
- [10] W. Haddon, “Advances in the Epidemiology of Injuries as a Basis for Public Policy,” *LANDMARKS IN AMERICAN EPIDEMIOLOGY*, vol. 5, 1980.
- [11] N. Klinjun, M. Kelly, C. Praditsathaporn, and R. Petsirasan, “Identification of Factors Affecting Road Traffic Injuries Incidence and Severity in Southern Thailand Based on Accident Investigation Reports,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 22, Nov. 2021, doi: 10.3390/su132212467.
- [12] A. Farid and K. Ksaibati, “Modeling Severities of Motorcycle Crashes Using Random Parameters,” *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, vol. 8, no. 2, pp. 225–236, 2021.
- [13] A. Barzegar, M. Ghadipasha, M. Forouzesh, S. Valiyari, and A. Khademi, “Epidemiologic study of traffic crash mortality among motorcycle users in Iran (2011–2017),” *Chinese Journal of Traumatology - English Edition*, vol. 23, no. 4, pp. 219–223, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.cjtee.2020.05.008.
- [14] D. Halbersberg and B. Lerner, “Young driver fatal motorcycle accident analysis by jointly maximizing accuracy and information, *Accident Analysis & Prevention*,” *Accid Anal Prev*, vol. 129, pp. 350–361, 2019, Accessed: Nov. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457518304561?via%3Dihub>
- [15] D. Adminaité-Fodor and G. Jost, “REDUCING SPEEDING IN EUROPE,” Feb. 2019. [Online]. Available: www.etsc.eu/pin
- [16] A. Maryani and H. Iridiastadi, “Faktor Penyebab Kecelakaan Sepeda Motor: Studi Literatur,” *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, vol. 10, no. 1, pp. 25–32, Jun. 2024, doi: 10.30656/intech.v10i1.8061.
- [17] World Health Organization, “Post-Crash Response Supporting Those Affected by Road Traffic Crashes,” Switzerland, 2016. [Online]. Available: www.who.int/about/licensing/copyright_form/en/index
- [18] C. S. Crandall, L. M. Olson, and D. P. Sklar, “Mortality Reduction with Air Bag and Seat Belt Use in Head-on Passenger Car Collisions,” *Am J Epidemiol*, vol. 153, no. 3, pp. 219–224, Feb. 2001.
- [19] World Health Organization, “GLOBAL STATUS REPORT ON ROAD SAFETY 2018,” Switzerland, 2018.
- [20] T. and R. E. (BITRE) Bureau of Infrastructure, “The Impact of Airbags and Electronic Stability Control on Australian Light Vehicle Fatalities,” Canberra, 2014.
- [21] L. Evans, “Traffic Safety,” *Am J Prev Med*, vol. 29, no. 5, pp. 466–466, Dec. 2005, doi: 10.1016/j.amepre.2005.06.018.