

Analisis Risiko Kecelakaan Pada Perlintasan Sebidang (*Level Crossing*) Berdasarkan Karakteristik Fisik dan Operasional (Studi Kasus: Titik Perlintasan di Wilayah Kota Medan)

Aldi B.J. Hamdani¹, Mukhammad Rizka Fahmi Amrozi^{1*}, Latif Budi Suparma¹

¹Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

*Corresponding author: fahmi.amrozi@ugm.ac.id

INTISARI

Perlntasan sebidang merupakan titik konflik paling berisiko dalam sistem transportasi rel karena perbedaan karakteristik operasi antara kereta api dan kendaraan jalan raya. Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat risiko kecelakaan serta merumuskan strategi mitigasi pada perlntasan sebidang di Kota Medan menggunakan metode Australian Level Crossing Assessment Model (ALCAM). Data diperoleh melalui observasi lapangan, wawancara petugas jaga lintas, serta dokumen dari Dinas Perhubungan Kota Medan dan Balai Teknik Perkeretaapian Medan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa perlntasan tanpa palang pintu di lintas Medan–Binjai km 9+30 memiliki risk score 0,05347, dengan potensi kecelakaan setiap 5 tahun dan satu fatalitas setiap 19 tahun. Sebaliknya, perlntasan dengan palang pintu di lintas Medan–Tanjung Balai km 0+640 mencatat risk score 0,13582, dengan kecelakaan rata-rata setiap 2 tahun dan fatalitas setiap 7 tahun. Faktor dominan risiko meliputi ketiadaan atau ketidaksesuaian palang pintu, standar keselamatan yang tidak terpenuhi, waktu penutupan palang berlebihan, kedekatan dengan persimpangan atau siding yard, serta antrean lalu lintas akibat frekuensi kereta.

Implementasi mitigasi berbasis ALCAM terbukti menurunkan skor risiko secara signifikan, meningkatkan interval kecelakaan maupun fatalitas. Temuan ini menegaskan relevansi ALCAM sebagai dasar kuantitatif dalam penentuan prioritas peningkatan keselamatan perlntasan sebidang di Indonesia.

Kata kunci: perlntasan sebidang, keselamatan, *Australian Level Crossing Assessment Model*, faktor pemicu, Kota Medan, mitigasi risiko

1 PENDAHULUAN

Perlntasan sebidang merupakan titik konflik paling berbahaya dalam sistem transportasi rel karena perbedaan karakteristik antara kereta api dan kendaraan jalan, seperti ukuran, kecepatan, serta jarak pengereman. Kondisi ini menjadikan perlntasan sebidang rawan kecelakaan dengan tingkat fatalitas dan kerugian material tinggi, meskipun telah dilengkapi perlindungan teknis (Dedik dkk., 2022). Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Perkeretaapian (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2024), terdapat lebih dari 3.000 perlntasan sebidang yang belum dilengkapi sistem pengaman standar. Bahkan, sekitar 1.500 di antaranya merupakan perlntasan liar yang tidak terdaftar secara resmi dalam sistem nasional. Ditinjau dari beberapa penelitian tentang faktor utama penyebab kecelakaan di perlntasan sebidang pada umumnya adalah perilaku pengguna jalan yang tidak disiplin, kurangnya fasilitas keselamatan di perlntasan sebidang yang tidak memadai dan perlntasan liar atau tidak resmi. Penelitian Rahim (2017) menemukan bahwa perlntasan sebidang Jalan M.T. Haryono–Medan memiliki risiko kecelakaan tinggi akibat minimnya fasilitas keselamatan, volume lalu lintas yang padat, serta kondisi geometrik yang tidak mendukung. Untuk sebagai pembandingan, merujuk data rekapan penilaian kriteria perlntasan sebidang dari Direktorat Keselamatan Perkeretaapian (2024), perlntasan sebidang tanpa palang pintu di lintas Medan – Binjai petak jalur km 9+30 merupakan dengan kategori risiko kecelakaan tinggi.

Mengingat keterbatasan biaya dan teknis, pembangunan perlntasan tidak sebidang tidak dapat segera dilakukan di semua lokasi. Oleh karena itu, diperlukan assessment risiko untuk menilai tingkat bahaya pada setiap perlntasan sebidang, menentukan prioritas penanganan, serta merumuskan strategi mitigasi yang tepat. Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini menggunakan metode ALCAM (*Australian Level Crossing Assessment Model*) yang diimplementasikan pada perlntasan kereta api di Kota Medan.

2 METODE

2.1 Data Primer

Data primer dalam penelitian ini diperoleh melalui kegiatan observasi langsung di lokasi perlintasan serta wawancara dengan Petugas Jaga Lintas (P JL) yang bertugas di lapangan. Pengumpulan data ini difokuskan untuk memperoleh informasi yang tidak tersedia dalam data sekunder seperti volume lalu lintas kendaraan di lintas Medan – Binjai tanpa palang pintu. Adapun lainnya, informasi primer yang dikumpulkan mencakup sejumlah aspek penting terkait karakteristik perlintasan sebidang, antara lain sistem pengendalian perlintasan, kondisi geometrik jalan dan perlintasan, data inventaris fisik perlintasan, serta tingkat visibilitas baik dari arah jalan maupun arah jalur kereta api.

2.2 Data Sekunder

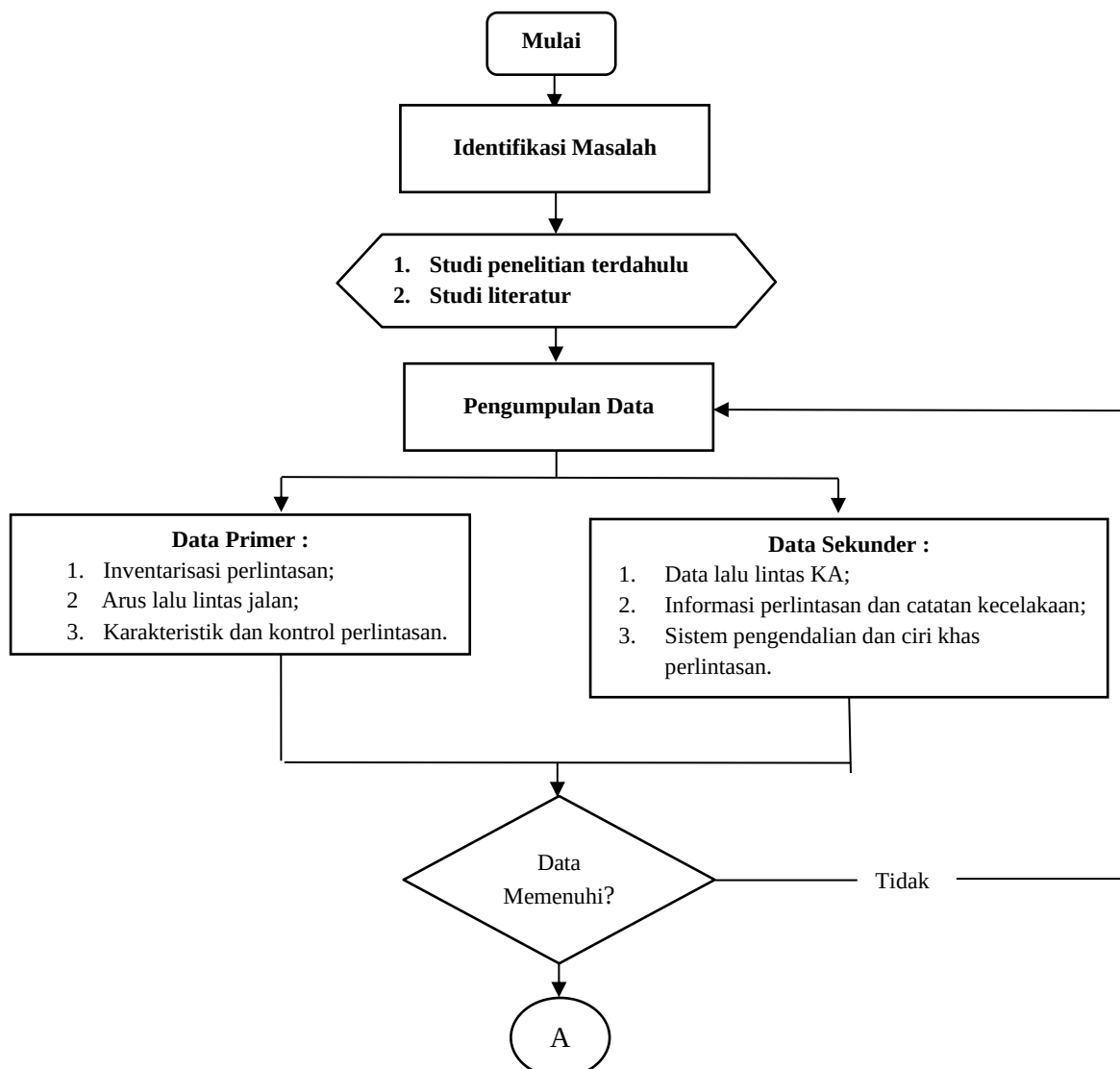
Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh berbagai instansi baik dari Dinas Perhubungan Kota Medan dan Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Medan. Data yang diperoleh yaitu volume lalu lintas jalan di Jalan M.T. Haryono, frekuensi lalu lintas kereta api, informasi catatan kecelakaan, inventaris perlintasan sebidang dan juga kontrol perlintasan sebidangnya.

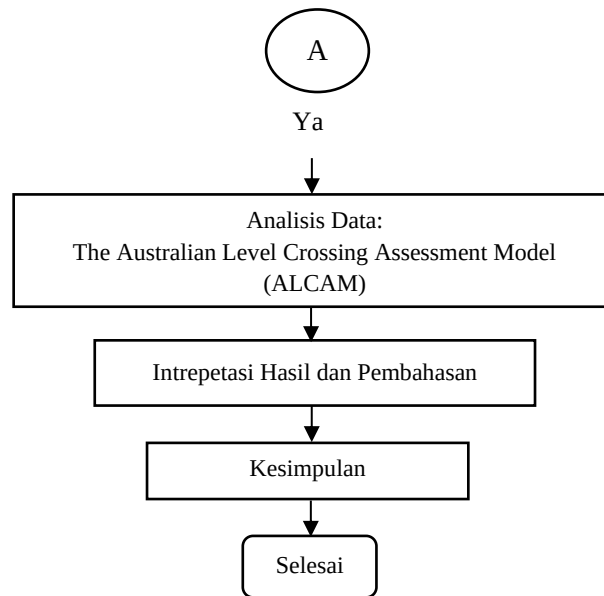
2.3 The Australian Level Crossing assessment Model (ALCAM)

ALCAM adalah metode penilaian risiko perlintasan sebidang yang berbasis data lapangan mengenai infrastruktur, paparan lalu lintas, dan konsekuensi kecelakaan. Ketiga faktor tersebut dikombinasikan untuk menghasilkan skor risiko, yang digunakan sebagai dasar prioritas peningkatan keselamatan secara efektif dan efisien (National ALCAM Committee, 2016).

2.4 Tahapan Penelitian

Proses penelitian ditampilkan dalam bentuk bagan alir seperti dalam Gambar 1 di bawah ini.





Gambar 1 Diagram penelitian.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Perlintasan Sebidang

Karakteristik perlintasan sebidang tanpa palang pintu di Jalan Stasiun lintas Medan – Binjai petak jalur km 9+30 dilakukan pengamatan pada hari Senin, tanggal 16 Juni 2025. Rentang pengamatan pukul 07.00 -09.00, 11.00-13.00 dan 16.00-18.00 dalam Waktu Indonesia Barat (WIB) didapat volume lalu lintas harian pada jam puncak adalah 6.226 kendaraan/jam yang ditunjukkan hasilnya dalam Tabel 1.

Tabel 1 Volume lalu lintas kendaraan di lintas Medan-Binjai petak jalur km 9+30.

Waktu (WIB)	Jenis Kendaraan				Volume Lalu Lintas (kend/jam)
	<i>Motorcycle (MC)</i>	<i>Light Vehicle (LV)</i>	<i>Heavy Vehicle (HV)</i>	<i>Unmotorized (UN)</i>	
	Kend	Kend	Kend	Kend	
07.00 - 08.00	835	140	3	16	994
08.00 - 09.00	660	128	2	16	806
11.00 - 12.00	734	175	6	27	942
12.00 - 13.00	719	120	12	25	876
16.00 - 17.00	942	128	11	26	1107
17.00 - 18.00	1330	134	10	27	1501
Total	5220	825	44	137	6226

Selanjutnya untuk perlintasan di Jalan M.T. Haryono lintas Medan – Tanjung Balai petak jalur km 0+640 ditampilkan hasilnya pada Tabel 2.

Tabel 2 Volume lalu lintas kendaraan di lintas Medan-Tanjung Balai petak jalur km 0+640
(Sumber: Dinas Perhubungan Kota Medan, 2025).

Waktu (WIB)	Jenis Kendaraan				Volume Lalu Lintas (kend/jam)
	<i>Motorcycle (MC)</i>	<i>Light Vehicle (LV)</i>	<i>Heavy Vehicle (HV)</i>	<i>Unmotorized (UN)</i>	
	Kend	Kend	Kend	Kend	
07.00 - 08.00	3143	2514	101	58	5816
08.00 - 09.00	4001	3335	108	37	7481
11.00 - 12.00	2752	2507	131	27	5417
12.00 - 13.00	3396	2905	123	61	6485
16.00 - 17.00	3862	3236	137	78	7313
17.00 - 18.00	3338	3165	115	51	6669
Total	20492	17662	715	312	39181

Sementara di perlintasan tanpa palang km 9+30 lintas Medan – Binjai terdapat frekuensi lalu lintas kereta api (KA) 24 kereta/hari .ditunjukkan pada Tabel 3 dan lintas Medan – Tanjung Balai petak jalur km 0+640 terdapat lalu lintas kereta api 29 kereta/hari ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 3 Frekuensi KA lintas Medan – Binjai (Sumber: PT Kereta Api Indonesia Divisi Regional 1 Sumatera Bagian Utara (Persero),2025).

No	KA Layanan	Jenis KA	Jumlah (kereta/hari)
1	Perkotaan	Reguler	22
2	Dinas	Khusus	1
3	Operasional	Khusus	1
Total			24

Tabel 4 Frekuensi KA lintas Medan – Tanjung Balai (Sumber: PT Kereta Api Indonesia Divisi Regional 1 Sumatera Bagian Utara (Persero),2025).

No	KA Layanan	Jenis KA	Jumlah (kereta/hari)
1	Antar Kota	Reguler	16
2	Bandara	Khusus	3
3	Operasional	Khusus	2
		Reguler	2
4	Barang CPO	Reguler	5
5	Barang Parcel	Fakultatif	1
Total			29

3.2 Analisis Level Risiko Kecelakaan pada Perlintasan Sebidang

Berdasarkan pedoman National ALCAM Committee (2016), model ALCAM menggunakan data kecelakaan perlintasan sebidang di Australia dan Selandia Baru. Agar relevan dengan kondisi Indonesia, penelitian ini memakai data kecelakaan perlintasan sebidang nasional selama sepuluh tahun terakhir sebagai dasar perhitungan risiko dengan ALCAM yang telah disesuaikan secara kontekstual. Adapun catatan kecelakaan di perlintasan sebidang di Indonesia tahun 2015-2024 ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Catatan kecelakaan perlintasan sebidang di Indonesia Sumber: (PT Kereta Api Indonesia (Persero), 2025).

Element	Indonesian accident history at the level crossing\										Total	Average
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024		
Level crossing	4.855	4.855	4.855	4.855	4.716	5.110	4.292	4.194	4.070	3.896	4.567	4569,8
Collision (guarded)	24	295	49	63	48	35	30	43	54	124	765	76,5
Collision (unguarded)	145	0	398	341	359	234	247	245	274	213	2456	245,6
Total collision	169	295	447	404	407	269	277	288	328	337	3221	322,1
Collision per crossing	0,03	0,06	0,09	0,08	0,09	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,71	0,07
Number of fatality	54	45	93	61	130	55	68	110	94	123	833	83,3
Number of serious injuries	101	88	102	115	115	58	37	70	71	82	839	83,9
Number of minor injuries	0	45	116	76	47	97	55	104	73	129	742	74,2
Equivalent fatality	64	54	103	73	142	61	72	117	101	131	917	91,7
Equivalent fatality per collision	0,38	0,18	0,23	0,18	0,35	0,23	0,26	0,41	0,31	0,39	0,28	0,03

Data menunjukkan bahwa sepanjang periode 2015–2024 terdapat rata-rata 4.569 perlintasan sebidang di Indonesia dengan total 3.221 kecelakaan, atau sekitar 322 kasus per tahun. Dari jumlah tersebut, kecelakaan paling banyak terjadi di perlintasan tidak dijaga (245 kasus/tahun), jauh lebih tinggi dibandingkan perlintasan dijaga (76 kasus/tahun). Rasio kecelakaan perlintasan relatif stabil pada kisaran 0,07 kasus per perlintasan per tahun.

Dampak kecelakaan juga signifikan, dengan rata-rata tahunan 83 korban jiwa, 74 luka ringan, dan 92 luka berat. Angka fatalitas ekuivalen tercatat 92 jiwa per tahun, setara dengan rasio fatalitas 0,3 per kecelakaan. Tren ini menegaskan bahwa perlintasan sebidang, khususnya yang tidak dijaga, merupakan penyumbang utama risiko keselamatan perkeretaapian di Indonesia, sehingga memerlukan prioritas mitigasi berbasis fasilitas pengaman dan manajemen lalu lintas.

3.2.1 Infrastructure factor

- Raw infrastructure factor* adalah faktor infrastruktur material penilaian risiko perlintasan sebidang yang dilakukan dengan memberi bobot numerik 1–5 pada setiap elemen fisik dan sistem pengendalian, di mana 1 menunjukkan risiko terendah dan 5 risiko tertinggi. Dapat dilihat pada Tabel 6 untuk lokasi dengan tanpa palang pintu dan Tabel 7 dengan lokasi dengan palang pintu.

Tabel 6 Rangkuman hasil penilaian matriks *raw infrastructure* lintas Medan – Binjai km 9+30.

Tabel 6 Rangkuman hasil penilaian matriks raw infrastructure lintas Medan – Binjai Km 5+50.						
No	Level Crossing Characteristics	Conditions		Points	Score	% of total
		Existing	Standard			
CONTROL DETAILS						
1	Effectiveness of equipment inspection and maintenance	No maintenance and staff	Poor	5	56	13
2	Longest approach warning time	Nothing at all or >30 secs	>30 secs	5	35	8
ROAD GEOMETRY						
3	Proximity to intersection/control point	8.854 m	>200 m	0	0	0
4	Proximity to siding/shunting yard	8.854 m	>200 m	0	0	0

Tabel 6 (lanjutan).

No	Level Crossing Characteristics	Conditions		Points	Score	% of total
		Existing	Standard			
ROAD GEOMETRY						
5	Proximity to station	9.030 m	>200 m	0	0	0
6	Possibility of short stacking	potential to be trapped	Medium	3	21	5
7	Number of lanes (number of lines of traffic)	2 lane(s)	2 lanes	3	21	5
8	Vulnerability to road user fatigue	Uneven road surface	Medium	3	25	6
ROAD TRAFFIC CONTROL						
9	Presence of adjacent distractions	Some covered by trees and billboards	Medium	3	25	6
10	Condition of traffic control at level crossing	No boom gates installed	Low	5	63	14
11	Visibility of traffic control at crossing	Some covered by trees and billboards	Average	3	29	7
12	Distance from advance warning to level crossing	40m (Southwest; 40m Northeast)	Average	3	33	8
13	Conformance with Standars	7 of 12 meet the standards	Partly	3	46	10
14	Likelihood of vandalism to controls	None vandalism	Low	0	0	0
ROAD VEHICLES						
15	Heavy vehicle proportion	0,7%	<5%	0	0	0
16	Level of service (vehicle congestion)	Normal-minor deceleration	Lvl B – Reasonably free	1	6	1
17	Queuing from adjacent intersections	40 meters on both sides of the road	None	0	0	0
18	Road traffic speed (approach speed 85th percentile)	44 kph	<60kph	0	0	0
RAIL VEHICLES						
19	Seasonal/infrequent train patterns	0 irregular train/day	Regular trains	0	0	0
20	Slowest train speed at level crossing (typical)	70kph	>60kph	0	0	0
21	Longest train length at level crossing (typical)	161,654m	60 to 300m	1	4	1
22	High train speed on approach to level crossing	72kph	>60 to 80 kph	1	4	1
CROSSING GEOMETRY						
23	Number of operational rail tracks	Single track	Single track	0	0	0
24	Condition of road surface on immediate approach/departure (not the crossing panel)	Good road surface on both sides	Good	0	0	0
25	Level crossing panel on a hum,dip or rough surface	Rough and uneven asphalt surface at the crossing	Yes	5	35	8
VISIBILITY						
26	S1 – advance visibility of level crossing from road (SSD)	Clear	100%	0	0	0
27	S2 – approach visibility to train (vehicle approaching level crossing)	Clear	100%	0	0	0
28	S3 – visibility to train (vehicle stopped at level crossing)	Clear	100%	0	0	0
29	Possible sun glare sighting crossing on road approach	Both directions	None known sunglare issue	0	0	0
30	Possible sun glare sighting train	Southeast-Northwest rail track	Known sunglare issue	5	42	9
31	Temporary visual impediments – sighting of crosing	None visual impediments	<1 day/month	0	0	0
32	Temporary visual impediments – sighting of train	None visual impediments	<1 day/month	0	0	0
						445

445

Tabel 7 Rangkuman hasil penilaian matriks raw infrastructure lintas Medan – Tanjung Balai km 0+640.

No	Level Crossing Characteristics	Conditions		Points	Score	% of total
		Existing	Standard			
1	Effectiveness of equipment inspection and maintenance	2 times/week	Good	0	0	0
2	Longest approach warning time	80 secs	>30 secs	5	50	13
3	Proximity to intersection/control point	32 m	<50 m	5	50	13
4	Proximity to siding/shunting yard	32 m	<50 m	5	50	13
5	Proximity to station	640 m	>200 m	0	0	0
6	Possibility of short stacking	None short stacking	Low	0	0	0
7	Number of lanes (number of lines of traffic)	5 lane without median	>2 lanes	5	12	3
8	Vulnerability to road user fatigue	Good condition of road surface	Low	0	0	0
9	Presence of adjacent distractions	Minor adjacent distractions (parked vehicle)	Medium	3	30	8
10	Condition of traffic control at level crossing	Railway crossing signs is broken	Average	3	22	6
11	Visibility of traffic control at crossing	Some covered by trees	Average	3	30	8
12	Distance from advance warning to level crossing	50m Northwest; 50m Northeast	Average	0	0	0
13	Conformance with Standards	6 of 12 meet the standards	Partly	3	34	9
14	Likelihood of vandalism to controls	None vandalism	Low	0	0	0
15	Heavy vehicle proportion	1,8%	<5%	0	0	0
16	Level of service (vehicle congestion)	Restricted flow-increased vehicle interactions	Lvl C – Stable restricted flow	2	12	3
17	Queuing from adjacent intersections	100 m northwest; 150m west	High	5	31	8
18	Road traffic speed (approach speed 85th percentile)	66 kph	>60-80 kph	3	15	4
19	Seasonal/infrequent train patterns	1 irregular train/day (3,4%)	Regular trains	0	0	0
20	Slowest train speed at level crossing (typical)	30kph	20-60 kph	3	15	4

Tabel 7 (lanjutan).

No	Level Crossing Characteristics	Conditions		Points	Score	% of total
		Existing	Standard			
21	Longest train length at level crossing (typical)	140,734 m	60 to 300m	1	5	1
22	High train speed on approach to level crossing	30 kph	<60 kph	0	0	0
23	Number of operational rail tracks	Single track	Single track	0	0	0
24	Condition of road surface on immediate approach/departure (not the crossing panel)	Good road surface on both sides	Good	0	0	0
25	Level crossing panel on a hump, dip or rough surface	None of hump, dip or rough surface	No	0	0	0
26	S1 – advance visibility of level crossing from road (SSD)	Clear	100%	0	0	0
27	S2 – approach visibility to train (vehicle approaching level crossing)	Some covered by trees and surrounding structures	50-80<%	4	20	5
28	S3 – visibility to train (vehicle stopped at level crossing)	Clear	100%	0	0	0
29	Possible sun glare sighting crossing on road approach	Both directions	None known sunglare issue	0	0	0
30	Possible sun glare sighting train	Both directions	None known sunglare issue	0	0	0
31	Temporary visual impediments – sighting of crossing	None visual impediments	<1 day/month	0	0	0
32	Temporary visual impediments – sighting of train	None visual impediments	<1 day/month	0	0	0
					375	

Berdasarkan hasil rangkuman hasil penilaian matriks *raw infrastructure* untuk lokasi lintas Medan-Binjai km 9+30 dan lintas Medan – Tanjung Balai km 0+640 memiliki perbedaan hasil yang berbeda yaitu 445 dan 375. Standar nilai *raw infrastructure* ALCAM berkisar 0-800, semakin tinggi nilai *raw infrastructure* tingkat risiko kecelakaan semakin tinggi.

- b. *Infrastructure modifier* diperoleh dari persamaan linier yang membandingkan nilai infrastruktur mentah antar yurisdiksi dengan data kecelakaan perlintasan sebidang selama 10 tahun, yang telah dinormalisasi terhadap volume lalu lintas kendaraan dan frekuensi perjalanan kereta api (National ALCAM Committee, 2016). Merujuk referensi data Harrison dkk. (2019) perlintasan sebidang di *Makirikiri Road*, *New Zealand* digunakan data sekunder untuk perlintasan pasif atau perlintasan tanpa palang dengan nilai *infrastructure modifier* adalah 0,00815, sedangkan untuk perlintasan setengah lengan (*half barrier*) yang karakteristiknya merepresentasikan wilayah Indonesia dengan nilai 0,00848.

3.2.2 Exposure factor

Faktor paparan adalah fungsi dari sistem pengamanan serta volume lalu lintas kendaraan dan kereta api, yang menggambarkan probabilitas kecelakaan tahunan di perlintasan sebidang. Dengan rumus *Peabody-Dimmick* yang disesuaikan faktor koreksi, diperoleh estimasi faktor paparan untuk perlintasan tanpa palang lintas Medan-Binjai km 9+30 dan perlintasan dengan palang lintas Medan–Tanjung Balai km 0+640 sebagaimana ditunjukkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Exposure factor} &= A5 / \text{Adjustment factor} \\
 &= (lu + K) / \text{Adjustment factor} \\
 &= ((1,28 \times (V^{0,170}) \times (T^{0,151}) / (P^{0,171})) + K) / 245,6 \\
 &= ((1,28 \times (6,226^{0,170}) \times (24^{0,151}) / (1,65)) + 7,19) / 245,6 \\
 &= (5,54 + 7,19) / 245,6 \\
 &= 0,0518
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Adjustment factor diperoleh dari rata-rata kecelakaan pada jenis perlintasan tertentu selama 10 tahun di Indonesia, guna menghasilkan proyeksi kecelakaan yang lebih relevan. Untuk perlintasan tanpa pengamanan di km 9+30 lintas Medan–Binjai, nilai *adjustment factor* sebesar 245,6 menghasilkan *exposure factor* 0,0518. Sementara itu, diperoleh perhitungan *exposure factor* pada perlintasan dengan palang lintas Medan–Tanjung Balai km 0+640 menggunakan rumus yang sama dengan *adjustment factor* sebesar 77 adalah 0,15001.

3.2.3 Consequence factor

Faktor konsekuensi menggambarkan tingkat keparahan dampak kecelakaan di perlintasan sebidang, dihitung dari potensi korban jiwa maupun luka, dan dinyatakan sebagai *equivalent fatality per collision*. Penelitian ini menggunakan data kecelakaan nasional selama 10 tahun, namun keterbatasan klasifikasi berdasarkan jenis pengamanan membuat perhitungan dilakukan dengan rata-rata fatalitas per tabrakan tanpa perbedaan antara *guarded* dan *unguarded*. Nilai ekuivalen mencakup kematian, luka berat, dan luka ringan dengan rasio bobot 1:10:200. Hasil

perhitungan dari Tabel 5 menunjukkan faktor konsekuensi 0,2847, yang berarti satu tabrakan setara dengan 0,28 korban jiwa, atau ekuivalen 3 luka berat atau 56 luka ringan.

3.2.4 ALCAM risk score

Dalam model ALCAM, tingkat risiko dihitung dari perkalian tiga komponen utama: *infrastructure factor*, *exposure factor*, dan *consequence factor*, yang diperoleh melalui observasi lapangan dan data sekunder. Penelitian ini menerapkan ALCAM untuk menganalisis risiko kecelakaan pada perlintasan tanpa palang lintas Medan-Binjai km 9+30, dengan hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 8. Analisis serupa juga dilakukan pada lintas Medan-Tanjung Balai, km 0+640 yang disajikan pada Tabel 9.

Tabel 8 Output nilai risiko ALCAM perlintasan tanpa palang.

LIKELIHOOD (collision per year)					Consequence (equivalent fatalities per collision)	Risk (equivalent fatalities per year)
Infrastructure factor		Exposure factor (A5= Iu + K)				
Raw infrastructure factor	Infrastructure modifier	Iu	K	Adjustment factor		
445	0,00815	5,54	7,19	245,6		
3,62675		0,0518				
0,18785						

Tabel 9 Output nilai risiko ALCAM perlintasan dengan palang (half barrier).

LIKELIHOOD (collision per year)					Consequence (equivalent fatalities per collision)	Risk (equivalent fatalities per year)
Infrastructure factor		Exposure factor (A5= Iu + K)				
Raw infrastructure factor	Infrastructure modifier	Iu	K	Adjustment factor		
375	0,00848	5,02	6,46	77	0,28466	0,13582
3,18061		0,15001				
0,47712						

Berdasarkan Tabel 8, nilai risiko ALCAM untuk perlintasan tanpa palang lintas Medan-Binjai km 9+30 adalah 0,05347 (fatalitas/tahun), dengan faktor infrastruktur 3,62675, faktor paparan 0,0518, dan faktor konsekuensi 0,2847. Sementara itu, Tabel 9 menunjukkan risiko ALCAM pada perlintasan lintas Medan-Tanjung Balai km 0+640 sebesar 0,13582 (fatalitas/tahun), dengan faktor infrastruktur 3,18061, paparan 0,15001, dan konsekuensi 0,2847. Nilai parameter K pada perlintasan berpintu lebih kecil dibandingkan perlintasan tanpa palang.

Tabel 10 Perbandingan ALCAM Outputs

ALCAM Outputs:				ALCAM Outputs:			
Raw infrastructure factor	445			Raw infrastructure factor	375		
Infrastructure factor	3,62675			Infrastructure factor	3,18061		
Exposure factor	0,0518			Exposure factor	0,15001		
Likelihood factor	0,18785	Years between collisions	5	Likelihood factor	0,47712	Years between collisions	2
Consequence factor	0,28466			Consequence factor	0,28466		
Risk score	0,05347	Years between fatalities	19	Risk score	0,13582	Years between fatalities	7
a. tanpa palang pintu				b. dengan palang pintu			

Gambar 2 Ringkasan ALCAM.

Berdasarkan Tabel 10 (a), perlintasan tanpa palang lintas Medan-Binjai km 9+30 memiliki *likelihood factor* 0,18785 (sekali tabrakan tiap lima tahun) dan *risk score* 0,05347 (satu fatalitas tiap sembilan belas tahun). Sedangkan, pada Tabel 10 (b), perlintasan dengan palang lintas Medan-Tanjung Balai km 0+640 menunjukkan *likelihood factor* 0,47712 (sekali tabrakan tiap dua tahun) dan *risk score* 0,13582 (satu fatalitas tiap tujuh tahun).

3.3 Penurunan Mitigasi dari Prioritas Potensi Pemicu Kecelakaan

Berdasarkan hasil identifikasi potensi pemicu kecelakaan, masing-masing lokasi penelitian menunjukkan adanya faktor pemicu kecelakaan yang berbeda. Pada lokasi I, risiko utama berasal dari kondisi pengendalian lalu lintas tanpa palang pintu serta panel perlintasan yang tidak sesuai regulasi saat ini. Lokasi II didominasi oleh masalah jarak pendek dengan persimpangan dan *shunting yard* (daerah langsiran), yang dapat menimbulkan konflik lalu lintas tambahan. Berikut hasil penurunan dari mitigasi pemicu terjadinya kecelakaan pada Tabel 11.

Tabel 11 Ringkasan hasil penurunan dari mitigasi potensi pemicu terjadinya kecelakaan.

	Pemicu (flags)	Before	After	Penurunan
		(Score)	(Score)	(%)
Lokasi 1 (lintas Medan - Binjai Km 9+30)	1. <i>Condition of traffic control at level crossing (No boom gates installed);</i>	63	14	78
	2. <i>Effectiveness of equipment inspection and maintenance (No maintenance and staff);</i>	56	24	57
	3. <i>Conformance with standards (7 of 12 meet the standards);</i>	46	19	59
	4. <i>Possible sun glare sighting train (Both directions);</i>	42	14	67
	5. <i>Level crossing panel on a hum,dip or rough surface (Rough and uneven on a hum,dip or rough surface).</i>	35	8	77
Lokasi 2 (lintas Medan - Tanjung Balai Km 0+640)	1. <i>Longest approach warning tim (80 secs);</i>	50	11	78
	2. <i>Proximity to intersection/control point (32 meters from the level crossing);</i>	50	5	90
	3. <i>Proximity to siding/shunting yard (32 meters from the level crossing);</i>	50	5	90
	4. <i>Conformance with standards (6 of 12 meet the standards);</i>	34	16	53
	5. <i>Queuing from adjacent intersections (100 meters northwest; 150 meters west).</i>	31	22	29

Evaluasi juga dilakukan terhadap keluaran ALCAM (*ALCAM Outputs*) untuk melihat dampak mitigasi secara kuantitatif pada setiap faktor risiko. Analisis ini mencakup perubahan nilai *infrastructure factor*, *exposure factor*, *likelihood factor*, *consequence factor*, hingga *risk score*, serta perbandingan rata-rata waktu antar kecelakaan dan antar korban jiwa. Ringkasan hasil penurunan skor ALCAM akibat mitigasi dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12 Ringkasan ALCAM Outputs hasil penurunan dari mitigasi.

	ALCAM Outputs	Before	After
		(Score)	(Score)
Lokasi 1 (Km 9+30 lintas Medan - Binjai)	<i>Raw infrastructure factor</i>	445	164
	<i>Infrastructure factor</i>	3,62675	1,3366
	<i>Exposure factor</i>	0,0518	0,0518
	<i>Likelihood factor</i>	0,18785	0,06923
	<i>Consequence factor</i>	0,28466	0,2846
	<i>Risk score</i>	0,05347	0,01971
	<i>Years between collisions</i>	5	14
	<i>Years between fatalities</i>	19	51
Lokasi 2 (Km 0+640 lintas Medan - Tanjung Balai)	<i>Raw infrastructure factor</i>	375	140
	<i>Infrastructure factor</i>	3,18061	1,1874
	<i>Exposure factor</i>	0,15001	0,15001
	<i>Likelihood factor</i>	0,47712	0,17812
	<i>Consequence factor</i>	0,28466	0,28466
	<i>Risk score</i>	0,13582	0,05071
	<i>Years between collisions</i>	2	6
	<i>Years between fatalities</i>	7	20

Hasil perhitungan ALCAM setelah penerapan mitigasi menunjukkan adanya penurunan skor risiko di dua lokasi penelitian. Pada lokasi I (lintas Medan–Binjai km 9+30), *risk score* menurun dari 0,05347 menjadi 0,01971, disertai peningkatan interval rata-rata antar kecelakaan dari 5 tahun menjadi 14 tahun, serta antar korban jiwa dari 19 tahun menjadi 51 tahun. Lokasi II (lintas Medan–Tanjung Balai km 0+640) juga mengalami perbaikan dengan penurunan *risk score* dari 0,13582 menjadi 0,05071, yang berdampak pada peningkatan interval kecelakaan dari 2 tahun menjadi

6 tahun. Secara keseluruhan, penerapan mitigasi terbukti efektif dalam menekan faktor risiko dan memperpanjang waktu rata-rata antar kejadian kecelakaan maupun korban jiwa. Hal ini menegaskan bahwa intervensi berbasis evaluasi ALCAM dapat memberikan gambaran kuantitatif mengenai efektivitas upaya peningkatan keselamatan perlintasan sebidang.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian perlintasan tanpa palang di lintas Medan-Binjai km 9+30 tingkat risiko kecelakaan sebesar 0,05347, yang setara dengan angka korban jiwa sebanyak 19 (sembilan belas) tahun sekali. *Likelihood factor* sebesar 0,18785 artinya peluang terjadinya kecelakaan di perlintasan ini adalah satu kali dalam 5 (lima) tahun. Sedangkan tingkat risiko kecelakaan pada perlintasan dengan palang di lintas Medan-Tanjung Balai km 0+640 diperoleh hasil resiko sebesar 0,13582. Nilai ini menunjukkan kejadian fatal dengan korban jiwa diperkirakan terjadi sekali dalam waktu 7 (tujuh) tahun. Untuk faktor kemungkinan terjadi kecelakaan didapatkan nilai sebesar 0,47712 atau setara dengan peluang terjadinya kecelakaan di perlintasan adalah satu kali dalam 2 (dua) tahun.

Didapatkan beberapa parameter pemicu tertinggi hasil dari ALCAM akibat terjadinya kecelakaan yaitu *condition of traffic control at level crossing* yang tidak memiliki palang, *conformance with standards* dengan regulasi keselamatan perkeretaapian di Indonesia, *longest approach warning time* mengakibatkan palang pintu menutup terlalu lama, *proximity to intersection or to siding* perlintasan terlalu dekat dengan jarak wessel di stasiun sehingga membuat frekuensi lalu lintas kereta tinggi dan *queuing from adjacent intersections* akibat dampak kereta api melintas di perlintasan. Oleh sebab itu, hasil penerapan mitigasi dari perhitungan ALCAM diperoleh penurunan skor risiko yang signifikan untuk semua faktor pemicu risiko kecelakaan terutama pada lokasi I (lintas Medan–Binjai km 9+30), *risk score* menurun dari 0,05347 menjadi 0,01971, disertai peningkatan interval rata-rata antar kecelakaan dari 5 tahun menjadi 14 tahun, serta antar korban jiwa dari 19 tahun menjadi 51 tahun. Lokasi II (lintas Medan–Tanjung Balai km 0+640) juga mengalami perbaikan dengan penurunan *risk score* dari 0,13582 menjadi 0,05071, yang berdampak pada peningkatan interval kecelakaan dari 2 tahun menjadi 6 tahun.

REFERENSI

- Dedík, M., Mašek, J., Gašparík, J., & Lupták, V. (2022). Assessment of the Perspective Ratios in Rail Crossings as an Important Evaluation Factor of Rail Crossings. *Applied Sciences* 12, 7489. <https://doi.org/10.3390/app12157489>
- Direktur Jenderal Perkeretaapian. (2024). *Jumlah Perlintasan Sebidang di Indonesia Tahun 2015-2024*. Kementerian Perhubungan
- Direktur Keselamatan dan Keamanan Kereta Api Indonesia (Persero). (2025). *Data Perlintasan Sebidang*. PT Kereta Api Indonesia (Persero)
- Direktur Keselamatan Perkeretaapian. (2024). *Rekapan dan Penilaian Kriteria Perlintasan di Wilayah Balai Teknik Perkeretaapian Kelas 1 Medan Tahun 2024*. Kementerian Perhubungan
- Federal Highway Administration. (2019). *Highway-Rail Crossing Handbook*. Third Edition. Department of Transportation
- Harrison, N., Ogilvie, C., Turnbull, S., & Malde, L. (2019). *Traffic Impact Assessment - Rangitikei District Council Industrial Plan Change*. Rangitikei District Council
- Kepala Balai Teknik Perkeretaapian Medan. (2025). *Laporan Rekap & Penilaian Seluruh Lintas Wilayah Sumatera Utara*. Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Medan
- Kepala Dinas Perhubungan Kota Medan. (2025). *Laporan Lalu Lintas Kendaraan Simpang M.T. Haryono – Sutomo 2 Juni 2025*. Dinas Perhubungan Kota Medan
- National ALCAM Committee. (2016). *The Australian Level Crossing Assessment Model ALCAM in Detail*. National ALCAM Committee
- Rahim, M.Y. (2017). *Pengaruh Perlintasan Sebidang Jalan M.T.Haryono dengan Rel Kereta Api Terhadap Karakteristik Lalu Lintas*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara