

PENILAIAN RISIKO KECELAKAAN PADA PERLINTASAN SEBIDANG (Studi Kasus: Perlintasan Sebidang di Kota Yogyakarta)

Rendy Juliyanto¹, Siti Malkhamah^{1*}, Dewanti¹

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

*Corresponding author: malkhamah@ugm.ac.id

INTISARI

Penilaian risiko kecelakaan di perlintasan sebidang seharusnya tidak hanya dilihat dari catatan jumlah kecelakaan yang pernah terjadi, melainkan lebih komprehensif mempertimbangkan faktor karakteristik perlintasan secara spesifik. Penelitian ini dimaksudkan untuk melakukan penilaian risiko kecelakaan berdasarkan karakteristik perlintasan sebidang meliputi faktor infrastruktur, paparan dan konsekuensi menggunakan *The Australian Level Crossing Assessment Model* (ALCAM). Kemudian dilakukan analisis deskriptif lanjutan terhadap karakteristik tertentu yang memiliki pengaruh paling besar terhadap profil risiko kecelakaan perlintasan sebidang secara keseluruhan (*flag*), guna merumuskan rekomendasi prioritas penanganan risiko kecelakaan di perlintasan sebidang. Hasil analisis penilaian risiko kecelakaan berdasarkan model ALCAM pada perlintasan sebidang yang menjadi obyek penelitian menunjukkan nilai risiko sebesar 0,06165 (ekuivalen dengan tingkat fatalitas per tahun). Kemudian, nilai faktor kemungkinan adalah sebesar 0,22227 (ekuivalen dengan tingkat tabrakan per tahun). Sementara itu, hasil analisis faktor sensitif (*flag*) meliputi waktu peringatan pendekatan terpanjang, visibilitas pendekatan terhadap kereta api (kendaraan mendekati perlintasan sebidang), dan kemungkinan silau matahari dari sisi kereta api.

Kata kunci: perlintasan sebidang, risiko kecelakaan, faktor sensitif, ALCAM

1 PENDAHULUAN

Perlntasan sebidang adalah titik persimpangan antara kereta api dan pengguna jalan yang mana merupakan lokasi rawan terjadinya konflik dan tabrakan serius Sekasi dan Solihu (2021). Oleh karena itu, penting untuk melakukan penilaian risiko terhadap sistem kereta api secara keseluruhan, kemudian manajemen risiko perlu dilakukan untuk penanganan yang efisien (Kohda dan Fujihara, 2008). Penilaian risiko kecelakaan tidak secara sederhana mempertimbangkan catatan historis tabrakan, tabrakan terdahulu secara umum tidak dapat dilihat sebagai indikator yang bagus dalam meprediksi tabrakan lainnya di masa depan (*Victorian Auditor-General's Report, 2010*). Penelitian ini dimaksudkan untuk melakukan penilaian risiko kecelakaan berdasarkan karakteristik perlintasan sebidang meliputi faktor infrastruktur, paparan dan konsekuensi menggunakan *The Australian Level Crossing Assessment Model* (ALCAM). Kemudian dilakukan analisis deskriptif lanjutan terhadap karakteristik tertentu yang memiliki pengaruh paling besar terhadap profil risiko kecelakaan perlintasan sebidang secara keseluruhan (*flag*), guna merumuskan rekomendasi prioritas penanganan dan peningkatan keselamatan perlintasan sebidang.

2 METODOLOGI PENELITIAN

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan *The Australian Level Crossing Assessment Model* (ALCAM) untuk menilai tingkat risiko perlintasan sebidang berdasarkan karakteristik perlintasan sebidang dengan mengkombinasikan nilai faktor infrastruktur, faktor paparan dan faktor konsekuensi. Kemudian dilakukan analisis faktor sensitif (*flag*) pada faktor infrastruktur, yaitu karakteristik tertentu yang memiliki pengaruh relatif lebih besar terhadap profil risiko perlintasan sebidang secara keseluruhan. Karakteristik yang sensitif (*flag*) tersebut kemudian menjadi dasar penentuan prioritas penanganann atau peningkatan keselamatan perlintasan sebidang berupa rekomendasi prioritas penanganan risiko kecelakaan di perlintasan sebidang.

Adapun proses analisis risiko menggunakan model ALCAM melibatkan pengumpulan data karakteristik perlintasan sebidang baik pada sisi jalur kereta api dan jalan melalui serangkaian survei dan pengamatan dalam hal ini dilakukan pada perlintasan sebidang JPL 739 di Jalan HOS Cokroaminoto Kota Yogyakarta. Data primer didapatkan dari pengamatan langsung di lapangan dan wawancara terhadap Petugas Jaga Lintas (PJL) setempat meliputi data yang belum tersedia pada data sekunder atau data sekunder yang perlu divalidasi lebih lanjut di lapangan. Data primer berupa karakteristik perlintasan sebidang yang meliputi sistem kontrol perlintasan, lalu lintas jalan, geometri jalan dan perlintasan, inventarisasi perlintasan sebidang, visibilitas jalan dan perlintasan. Sementara itu, data sekunder didapatkan secara tidak langsung melalui sumber lain yang terkait dengan penelitian ini berupa karakteristik perlintasan sebidang yang meliputi lalu lintas kereta api, data perlintasan sebidang dan data riwayat kecelakaan di perlintasan sebidang di Indonesia.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Perlintasan Sebidang

3.1.1 Lalu Lintas Kendaraan Jalan

Hasil pengamatan volume lalu lintas pada perlintasan sebidang JPL 739 di Jalan HOS Cokroaminoto Kota Yogyakarta pada jam sibuk pada tanggal 24 Juni 2024, didapatkan volume kendaraan jalan yang melintas dalam satu hari adalah sejumlah 21.000 kendaraan atau sejumlah 7.434 (satuan mobil penumpang). Proporsi terbesar pengendara jalan dalam satu hari berturut-turut adalah sepeda motor (17.864 kendaraan), kendaraan ringan (2.684 kendaraan), kendaraan berat (237 kendaraan), dan kendaraan tidak bermotor (215 kendaraan) sebagaimana ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1. Volume Lalu Lintas Kendaraan Jalan di Perlintasan Sebidang JPL 739

Periode (WIB)	Jenis Kendaraan								Volume Lalu Lintas	
	Motorcycle (MC)		Light Vehicle (LV)		Heavy Vehicle (HV)		Unmotorized (UN)			
	(kendaraan)	emp = 0,25	(kendaraan)	emp = 1	(kendaraan)	emp = 1,20	(kendaraan)	emp = 0	(kendaraan)	(smp)
07.00 - 08.00	3586	897	338	338	22	26	44	0	3.990	1.261
08.00 - 09.00	2858	715	395	395	26	31	44	0	3.323	1.141
11.00 -12.00	2172	543	544	544	47	56	14	0	2.777	1.143
12.00 - 13.00	2372	593	467	467	56	67	36	0	2.931	1.127
16.00 - 17.00	3347	837	424	424	43	52	47	0	3.861	1.312
17.00 - 18.00	3529	882	516	516	43	52	30	0	4.118	1.450
Total	17.864	4.466	2.684	2.684	237	284	215	0	21.000	7.434

3.1.2 Lalu Lintas Kereta Api

Jumlah kereta api yang melintas pada perlintasan perlintasan sebidang JPL 739 di Jalan HOS Cokroaminoto Kota Yogyakarta sejumlah 146 kereta api/hari pada kondisi normal berdasarkan Grafik Perjalanan Kereta Api Tahun 2023 sebagaimana ditunjukkan Tabel 2.

Tabel 2. Lalu Lintas Kereta Api di Perlintasan Sebidang JPL 739

No.	Jenis KA	Reguler	Fakultatif	Jumlah
1	KA Bandara	30	12	42
2	KA Komersil	56	6	62
3	KA Ekonomi	8	4	12
4	KA Lokal / Commuter Line	10	2	12
5	KA Barang Hantaran (Parcel)	4	0	4
6	KA Barang Angkutan BBM	4	0	4
7	KA Barang Angkutan Semen	6	2	8
8	KA Barang Angkutan Pupuk	0	2	2
Total		118	28	146

Sumber: Grafik Perjalanan Kereta Api (Gapeka), 2023.

3.2 Tingkat Risiko Kecelakaan Perlintasan Sebidang

Berdasarkan panduan penilaian risiko kecelakaan menggunakan ALCAM (*National ALCAM Committee, 2016*), data riwayat kecelakaan mengacu pada data perlintasan sebidang di Australia dan Selandia Baru dalam kurun waktu selama 10 tahun. Guna mendapatkan hasil penilaian risiko kecelakaan yang sesuai dengan kondisi perlintasan sebidang di Indonesia, dalam penelitian ini digunakan data riwayat kecelakaan perlintasan sebidang di Indonesia dalam kurun waktu 10 (sepuluh) tahun.

Tabel 3. Data Riwayat Kecelakaan Perlintasan Sebidang di Indonesia (2014 – 2023)

Item	Indonesian Accident History (2014 -2023)										Total	Average
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
Level crossing	4.855	4.855	4.855	4.855	4.855	4.716	5.110	4.292	4.194	4.070	n/a	4.666
Collision (Guarded)	39	24	295	49	63	48	35	30	43	54	680	68
Collision (UnGuarded)	33	145	0	398	341	359	234	247	245	273	2275	228
Total Collision	72	169	295	447	404	407	269	277	288	327	2955	296
Collision per Crossing	0,01	0,03	0,06	0,09	0,08	0,09	0,05	0,06	0,07	0,08	n/a	0,06
Number of Fatality	28	54	45	93	61	130	55	68	110	94	738	74
Number of Serious Injuries	29	101	88	102	115	115	58	37	70	70	785	79
Number of Minor Injuries	5	0	45	116	76	47	97	55	104	73	618	62
Equivalent Fatality	31	64	54	104	73	142	61	72	118	101	820	82
Equivalent Fatality per Collision	0,43	0,38	0,18	0,23	0,18	0,35	0,23	0,26	0,41	0,31	0,28	0,30

Sumber: Direktorat Jenderal Perkeretaapian, 2024.

Jumlah perlintasan sebidang di Indonesia sebagaimana pada Tabel 3 menunjukkan tren penurunan khususnya dimulai Tahun 2019. Namun begitu, terjadi kenaikan jumlah perlintasan sebidang pada Tahun 2020 menjadi sejumlah 5.110 perlintasan

sebidang dikarenakan adanya pendataan ulang jumlah perlintasan sebidang oleh Direktorat Jenderal Perkeretaapian. Kemudian terjadi penurunan jumlah perlintasan sebidang kembali dimulai Tahun 2021 hingga 2023 sebagai hasil dari program Direktorat Jenderal Perkeretaapian bersama stakeholder terkait berupa penutupan perlintasan sebidang khususnya perlintasan sebidang liar dan tidak dijaga yang memiliki risiko tinggi terjadinya kecelakaan di perlintasan sebidang.

Jumlah kecelakaan perlintasan sebidang di Indonesia sebagaimana pada Tabel 3 menunjukkan fluktuasi tiap tahunnya pada masing-masing tipe pengamanan (*guarded/ unguarded*). Secara umum kecelakaan lebih banyak terjadi pada perlintasan sebidang tidak dijaga (*unguarded*), yakni tiga kali lebih banyak jika dibandingkan jumlah kecelakaan perlintasan sebidang dijaga (*guarded*) dalam kurun waktu 10 tahun (2014-2023).

Jumlah korban kecelakaan perlintasan sebidang di Indonesia sebagaimana pada Tabel 3 menunjukkan fluktuasi tiap tahunnya pada masing-masing jenis cedera. Secara umum jumlah korban fatalitas dan cedera berat sebagai akibat dari terjadinya kecelakaan di perlintasan sebidang menunjukkan angka yang lebih tinggi daripada jumlah korban cedera ringan, artinya kecelakaan antara kereta api dengan kendaraan jalan yang terjadi cenderung memunculkan dampak yang fatal.

3.2.1 Infrastructure Factor

3.2.1.1 Raw Infrastructure

Penilaian masing-masing karakteristik dan kontrol perlintasan sebidang terhadap mekanisme kecelakaan pada perlintasan sebidang dilakukan pembobotan pada rentang nilai 1 (satu) hingga 5 (lima) berdasarkan tingkat risiko. Nilai bobot 1 (satu) memiliki nilai risiko paling rendah sementara nilai bobot 5 (lima) merupakan sebaliknya.

Tabel 4. Hasil Matriks Pembobotan Raw Infrastructure

Characteristics	Conditions	Points	Score	% of total
CONTROL DETAILS				
1 Effectiveness of equipment inspection and maintenance	Good	0	0	0
2 Longest approach warning time	>30 secs	5	21	14
ROAD GEOMETRY				
3 Proximity to intersection/control point	>200m	0	0	0
4 Proximity to siding/shunting yard	>200m	0	0	0
5 Proximity to station	>200m	0	0	0
6 Possibility of short stacking	Low	0	0	0
7 Number of lanes (number of lines of traffic)	>2 lanes	5	0	0
8 Vulnerability to road user fatigue	Low	0	0	0
ROAD TRAFFIC CONTROL				
9 Presence of adjacent distractions	Low	0	0	0
10 Condition of traffic control at level crossing	Good	0	0	0
11 Visibility of traffic control at crossing	Average	3	17	12
12 Distance from advance warning to level crossing	Good	0	0	0
13 Conformance with Standards	Partly	3	12	9
14 Likelihood of vandalism to controls	Low	0	0	0
ROAD VEHICLES				
15 Heavy vehicle proportion	<5%	0	0	0
16 Level of Service (vehicle congestion)	Level C - Stable Restricted Flow	2	8	6
17 Queuing from adjacent intersections	None	0	0	0
18 Road traffic speed (approach speed 85th percentile)	<=60kph	0	0	0
RAIL VEHICLES				
19 Seasonal / infrequent train patterns	Irregular Train	5	7	5
20 Slowest train speed at level crossing (typical)	20 to 60kph	3	8	6
21 Longest train length at level crossing (typical)	>300 to 1000m	3	8	6
22 High Train Speed on approach to level crossing	>80 to 100 kph	2	3	2
CROSSING GEOMETRY				
23 Number of operational rail tracks	2 tracks	3	12	9
24 Condition of road surface on immediate approach/departure	Good	0	0	0
25 Level crossing panel on a hump, dip or rough surface	No	0	0	0
VISIBILITY				
26 S1 - advance visibility of level crossing from road (SSD)	50 to <80%	4	6	4
27 S2 - approach visibility to train (vehicle approaching level crossing)	<50%	5	21	14
28 S3 - visibility to train (vehicle stopped at level crossing)	100%	0	0	0
29 Possible sun glare sighting crossing on road approach	None sun glare issue	0	0	0
30 Possible sun glare sighting train	Known sun glare issue	5	21	14
31 Temporary visual impediments - sighting of crossing	<1 day/month	0	0	0
32 Temporary visual impediments - sighting of train	<1 day/month	0	0	0

144

Berdasarkan hasil matriks pembobotan sebagaimana pada Tabel 4 di atas, didapatkan nilai *Raw Infrastructure* sebesar 144, yang menggambarkan kondisi infrastruktur pada perlintasan sebidang JPL 739 di Jalan HOS Cokroaminoto Kota Yogyakarta terhadap profil risiko kecelakaan di perlintasan sebidang. Semakin besar nilai *Raw Infrastructure*, maka semakin tinggi profil risiko kecelakaan di perlintasan sebidang dimaksud.

3.2.1.2 *Infrastructure Modifier*

Infrastructure Modifier merupakan persamaan linier yang ditentukan dengan membandingkan *Raw Infrastructure* pada semua yuridiksi terhadap data 10 tahun kecelakaan di perlintasan sebidang (dinormalisasi dengan volume kendaraan dan kereta api) (*National ALCAM Committee*, 2016). Dalam penelitian ini penulis menggunakan nilai *Infrastructure Modifier* pada salah satu hasil keluaran model ALCAM berdasarkan penilaian risiko kecelakaan *Makirikiri Road* di Selandia Baru dengan jenis pengamanan perlintasan yang sama yakni pintu perlintasan (setengah lengan). Besaran nilai *Infrastructure Modifier* dimaksud adalah sebesar 0,008848 (WSP Opus, 2019).

3.2.2 *Exposure Factor*

Faktor paparan adalah fungsi tipe kontrol dari volume kendaraan dan kereta api yang menggambarkan dasar kemungkinan kecelakaan di perlintasan sebidang dan dinyatakan sebagai kemungkinan kecelakaan per tahun. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan *Peabody-Dimmick Formula (with adjustment factor)*, didapatkan nilai hasil faktor paparan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Exposure Factor} &= A5 / \text{Adjustment Factor} & (8) \\
 &= (lu + K) / \text{Adjustment Factor} \\
 &= ((1,28 \times (V^{0,170}) \times (T^{0,151}) / (P^{0,171})) + K) / 68 \\
 &= (1,28 \times (21.000^{0,170}) \times (148^{0,151}) / (2,56)) + 6,61) / 68 \\
 &= (5,76 + 6,61) / 68 \\
 &= 0,18199
 \end{aligned}$$

Adjustment Factor didapatkan dari rata-rata jumlah kecelakaan dalam kurun waktu 10 tahun di Indonesia pada jenis perlintasan dengan pengamanan tertentu untuk mendapatkan prediksi tingkat kecelakaan yang lebih kontemporer. Nilai *Adjustment Factor* yang digunakan dalam penelitian ini dengan jenis pengamanan pintu perlintasan (*guarded*) adalah sebesar 68 sebagaimana ditunjukkan Tabel 3. Dari hasil perhitungan faktor paparan di atas, didapatkan nilai *Exposure Factor* pada perlintasan sebidang JPL 739 di Jalan HOS Cokroaminoto Kota Yogyakarta sebesar 0,18199.

3.2.3 *Consequence Factor*

Faktor Konsekuensi merupakan akibat yang diharapkan ketika terjadi kecelakaan yang meliputi kematian dan cedera pada masing-masing kendaraan dan kereta api serta dinyatakan ekuivalen dengan jumlah kematian per tabrakan. Nilai faktor konsekuensi didapatkan berdasarkan data (fatalitas) kecelakaan dalam kurun waktu 10 tahun di Indonesia pada jenis perlintasan dengan pengamanan pintu perlintasan.

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan data perbandingan antara besaran jumlah fatalitas kecelakaan (*equivalent fatality per collision*) secara keseluruhan (*guarded* dan *unguarded*) terhadap jumlah kejadian kecelakaan (*collision per crossing*) secara keseluruhan (*guarded* dan *unguarded*) sebagai faktor pembagi. Nilai ekuivalen fatalitas per tabrakan (*equivalent fatality per collision*) merupakan kombinasi semua jenis kerugian akibat kecelakaan meliputi kematian, cedera serius, dan cedera ringan dengan rasio 1 : 10 : 200. Hasil dari nilai faktor konsekuensi yang didapatkan adalah sebesar 0,27736 sebagaimana ditunjukkan Tabel 3.

3.2.4 Nilai Risiko ALCAM

Penilaian risiko kecelakaan pada perlintasan sebidang JPL 739 di Jalan HOS Cokroaminoto Kota Yogyakarta pada penelitian ini menggunakan *The Australian Level Crossing Assessment Model (ALCAM)*.

Tabel 5. Hasil Analisis Nilai Risiko ALCAM

LIKELIHOOD (collision per year)					CONSEQUENCE	RISK
Infrastructure Factor		Exposure Factor (A5 = Iu + K)			(equivalent fatalities per collision)	(equivalent fatalities per year)
Raw Infrastructure Factor	Infrastructure Modifier	Iu	K	Adjustment Factor		
147	0,00848	5,77	6,56	68		
1,24680				0,18141	0,27736	0,06273
	0,22619					

Berdasarkan hasil analisis nilai risiko ALCAM sebagaimana ditunjukkan Tabel 5 di atas, didapatkan nilai risiko ALCAM pada perlintasan sebidang JPL 739 di Jalan HOS Cokroaminoto Kota Yogyakarta secara keseluruhan adalah sebesar 0,06165 (ekuivalen dengan tingkat fatalitas per tahun). Selain itu nilai faktor penyusun nilai risiko yaitu faktor infrastruktur adalah sebesar 1,22135, faktor paparan adalah sebesar 0,18199, dan faktor konsekuensi adalah sebesar 0,27736 (ekuivalen dengan tingkat fatalitas per tabrakan).

ALCAM Outputs :			
Raw Infrastructure Factor	144		
Infrastructure Factor	1,22135		
Exposure Factor	0,18199		
Likelihood Factor	0,22227	Years Between Collisions	4
Consequence Factor	0,27736		
Risk Score	0,06165	Years Between Fatalities	16

Gambar 1. Hasil Keluaran ALCAM

Berdasarkan hasil keluaran ALCAM sebagaimana ditunjukkan Gambar 1 di atas, didapatkan nilai *Likelihood Factor* sebesar 0,22227 (ekuivalen dengan tingkat tabrakan per tahun) yang mengindikasikan bahwa kemungkinan kecelakaan atau tabrakan pada perlintasan JPL 739 di Jalan HOS Cokroaminoto Kota Yogyakarta terjadi setiap 4 (empat) tahun. Sedangkan nilai risiko (*risk score*) yang didapatkan adalah sebesar 0,06165 (ekuivalen dengan tingkat fatalitas per tahun) yang mengindikasikan bahwa fatalitas apabila terjadi kecelakaan di perlintasan JPL 739 di Jalan HOS Cokroaminoto Kota Yogyakarta terjadi setiap 16 (enam belas) tahun.

3.3 Rekomendasi Prioritas Penanganan Risiko Kecelakaan Perlintasan Sebidang

Dalam penelitian ini, karakteristik pada faktor infrastruktur dengan prosentase nilai tertinggi dianggap memiliki pengaruh paling besar terhadap profil risiko kecelakaan perlintasan sebidang secara keseluruhan. Faktor sensitif (*flag*) inilah yang kemudian diberikan rekomendasi penanganan sebagai langkah penanganan prioritas. Faktor sensitif lain dengan prosentase nilai lebih rendah tetap perlu mendapatkan perhatian dan penanganan lanjut berdasarkan prioritas dan sumber daya yang dimiliki.

Berdasarkan analisis faktor sensitif (*flag*) faktor infrastruktur sebagaimana ditunjukkan Tabel 4, didapatkan 3 (tiga) karakteristik yang memiliki pengaruh tertinggi terhadap profil risiko perlintasan sebidang JPL 739 di Jalan HOS Cokroaminoto Kota Yogyakarta secara keseluruhan. Adapun faktor sensitif dengan nilai prosentase tertinggi dan rekomendasi penanganan perlintasan sebidang dimaksud adalah sebagai berikut:

3.3.1 Longest approach warning time

Mempersingkat waktu peringatan pendekatan kereta api, yakni waktu ketika sirine mulai berbunyi hingga kereta api tiba di perlintasan sebidang, sehingga kurang dari 20 detik, dengan cara sebagai berikut:

- Menambahkan fasilitas informasi *Variable Message Sign* (VMS) apabila operasioanal penutupan perlintasan melayani 2 (dua) atau lebih kereta melintas;
- Memisahkan operasional (buka-tutup) perlintasan untuk 2 (dua) atau lebih kereta melintas yang memiliki cukup jeda lintas;
- Menunda waktu mulai sirine peringatan berbunyi sampai hanya ketika kereta api benar – benar mendekati perlintasan sebidang dengan rekayasa teknik operasional buka-tutup pintu perlintasan sebidang.

3.3.2 S2 - approach visibility to train (vehicle approaching level crossing)

Meningkatkan jarak pandang bebas pengendara jalan terhadap kereta api saat mendekati perlintasan sebidang hingga mendekati 100% (*clear visibility*), dengan cara sebagai berikut:

- a. Sterilisasi ruang milik dan manfaat jalur kereta api sesuai ketentuan perundangan yang berlaku, sehingga ruang milik dan manfaat jalur kereta api hanya diperuntukkan untuk kepentingan operasional perjalanan kereta api;
- b. Program pemeliharaan vegetasi yang menghalangi jarak pandang bebas pengendara jalan saat mendekati perlintasan sebidang terhadap kedatangan kereta api;
- c. Koordinasi dengan bidang pertanahan dan pemukiman setempat terkait pemanfaatan ruang manfaat, ruang milik, serta ruang pengawasan jalur kereta api serta perencanaan tata ruang wilayah setempat.

3.3.3 Possible sun glare sighting train

Menanggulangi gangguan silau matahari bagi masinis atau operator kereta api dengan rekayasa teknik dan operasional, sebagai berikut:

- a. Memastikan semua lokomotif kereta api sudah terpasang fitur anti-silau matahari pada kaca atau jendela lokomotif untuk mengurangi paparan silau matahari yang berpotensi mengganggu pandangan masinis atau operator kereta api, khususnya pada pagi dan sore hari ketika matahari berada pada posisi rendah;
- b. Perjalanan kereta api perlu menerapkan semboyan 35 pada semua titik perlintasan sebidang khususnya yang berpotensi adanya gangguan berupa silau matahari, sehingga masinis atau operator kereta api wajib membunyikan klakson lokomotif saat mendekati perlintasan sebidang.

4 KESIMPULAN

Hasil analisis penilaian risiko kecelakaan berdasarkan model ALCAM pada perlintasan sebidang JPL 739 di Jalan HOS Cokroaminoto Kota Yogyakarta menunjukkan nilai risiko sebesar 0,06165 (ekuivalen dengan tingkat fatalitas per tahun) yang mengindikasikan bahwa fatalitas apabila terjadi kecelakaan di perlintasan tersebut terjadi setiap 16 (enam belas) tahun. Sedangkan nilai *Likelihood Factor* adalah sebesar 0,22227 (ekuivalen dengan tingkat tabrakan per tahun) yang mengindikasikan bahwa kemungkinan kecelakaan atau tabrakan pada perlintasan tersebut terjadi setiap 4 (empat) tahun. Sementara hasil analisis faktor sensitif (*flag*), yakni karakteristik tertentu yang mungkin memiliki pengaruh relatif lebih besar terhadap profil risiko perlintasan sebidang secara keseluruhan, meliputi *Longest approach warning time*, *S2 - approach visibility to train (vehicle approaching level crossing)*, dan *Possible sun glare sighting train*. Rekomendasi penanganan risiko kecelakaan di perlintasan sebidang sebagaimana hasil analisis di atas meliputi: 1) Mempersingkat waktu peringatan pendekatan kereta api, yakni waktu ketika sirine mulai berbunyi hingga kereta api tiba di perlintasan sebidang, sehingga kurang dari 20 detik; 2) Meningkatkan jarak pandang bebas pengendara jalan terhadap kereta api saat mendekati perlintasan sebidang hingga mendekati 100% (*clear visibility*); 3) Menanggulangi gangguan silau matahari bagi masinis atau operator kereta api dengan rekayasa teknik dan operasional.

REFERENSI

- Direktorat Jenderal Perkeretaapian (2023). Keputusan Direktur Jenderal Perkeretaapian Nomor : KP-DJKA 67 Tahun 2023 tentang Grafik Perjalanan Kereta Api pada Jaringan Jalur Kereta Api Nasional di Jawa Tahun 2023. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- Kohda, T., & Fujihara, H. (2008). *Risk analysis of level crossing accidents based on systems control for safety. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability*, 222(3). <https://doi.org/10.1243/1748006XJRR127>
- National ALCAM Committee (2016). *ALCAM in Detail - An Introduction to The New ALCAM Models (2014)*.
- Sekasi, J., & Solihu, H. (2021). *Safety and risk analysis at railway crossings of north-south Addis Ababa light rail. Smart and Resilient Transportation (3)*. <https://doi.org/10.1108/srt-08-2021-0007>
- Victorian Auditor-General's Report (2010). *Management of Safety Risks at Level Crossings*.
- Opus, WSP (2019). *Traffic Impact Assessment - Rangitikei District Council Industrial Plan Change*. www.wsp-opus.co.nz