

PRIORITISASI PENANGANAN PERLINTASAN SEBIDANG PADA KRL *COMMUTER* LINTAS BOGOR MENGUNAKAN PENDEKATAN MITIGASI RISIKO BERBASIS *EXPOSURE* DAN *VULNERABILITY*

Silvanus Nohan Rudrokasworo

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Jalan Prof. Dr. Ir. Roosseno, Kampus UI Depok
silvanusnohan@ui.ac.id

Nuryani Tinumbia

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Pancasila
Jalan Lenteng Agung Raya, Srengseng Sawah
nuryani@univpancasila.ac.id

Bhidara Swantika

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Jalan Prof. Dr. Ir. Roosseno, Kampus UI Depok
bhidara@ui.ac.id

Yodya Yola Pratiwi

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Jalan Prof. Dr. Ir. Roosseno, Kampus UI Depok
yodya.yola@ui.ac.id

Abstract

At-grade crossings along the Bogor Line of the KRL Commuter network present significant safety risks due to interactions between rail and road traffic. This study aims to develop a priority framework for handling these crossings based on risk mitigation, using exposure and vulnerability indicators derived from easily accessible secondary data. A total of 57 crossings were evaluated through an ordinal scoring method encompassing seven indicators. The results indicate that 87.72% of the crossings are classified as medium risk and 12.28% are classified as low risk. Validation by five independent evaluators revealed strong consistency, with a percentage agreement of 93.33% and an ICC of 0.828. These findings demonstrate that a simplified, data-driven approach can produce reliable risk assessments and serve as a valuable tool for decision-making in urban transport infrastructure planning. Ultimately, the approach supports the development of safer and more efficient mobility systems.

Keywords: *at-grade crossing, risk mitigation, priority, urban, mobility*

Abstrak

Perlindungan sebidang pada jalur KRL *Commuter* Lintas Bogor menimbulkan risiko keselamatan tinggi akibat interaksi antara moda rel dan jalan. Penelitian ini bertujuan menyusun prioritas penanganan perlindungan sebidang berbasis mitigasi risiko dengan indikator *exposure* dan *vulnerability* menggunakan data sekunder yang mudah diakses. Studi ini meneliti perlindungan sebanyak 57 melalui metode skoring ordinal terhadap tujuh indikator. Hasilnya menyatakan perlindungan tergolong berisiko sedang sebesar 87,72% dan berisiko rendah sebesar 12,28%. Validasi oleh lima evaluator independen menunjukkan hasil konsisten dengan *percentage agreement* 93,33% dan ICC 0,828. Temuan dalam studi ini menunjukkan bahwa pendekatan sederhana berbasis data sekunder dapat menghasilkan penilaian risiko yang reliabel dan berguna bagi pengambilan keputusan dalam perencanaan infrastruktur transportasi perkotaan serta mendukung pengelolaan mobilitas yang lebih aman dan efisien.

Kata-kata kunci: perlindungan sebidang, mitigasi risiko, prioritas, perkotaan, mobilitas

PENDAHULUAN

Perlindungan sebidang pada Kereta Rel Listrik (KRL) *Commuter* Lintas Bogor merupakan rute kritis dalam sistem transportasi perkotaan, di mana risiko keselamatan meningkat akibat interaksi padat antara moda kereta dan kendaraan bermotor di perlindungan

sebidang. Seiring meningkatnya urbanisasi dan mobilitas komuter di kawasan Jabodetabek, konflik antara moda transportasi rel dan jalan menjadi isu keselamatan utama yang menjadi keresahan masyarakat. Berbagai studi telah membahas risiko transportasi dalam konteks kebencanaan dan infrastruktur kritis (Balakrishnan et al., 2024; Bi et al., 2023; Hong et al., 2024). Namun, belum banyak penelitian yang mengaitkannya secara langsung dengan strategi mitigasi risiko berbasis *exposure* dan *vulnerability* pada konteks keselamatan di perlintasan sebidang.

Berbagai studi telah menunjukkan efektivitas pendekatan berbobot dan indeks scoring dalam prioritas penanganan infrastruktur berbasis risiko (Ghaffarian et al., 2018; Lang et al., 2024; Lu et al., 2013; Valenzuela et al., 2022). Metode ini umumnya menuntut ketersediaan data primer yang kompleks dan sulit diakses, terutama dalam konteks pengambilan keputusan kebijakan di Indonesia. Berbeda dari studi terdahulu yang mengandalkan data primer, penelitian ini menawarkan model penilaian risiko yang dapat diimplementasikan dengan data sekunder secara praktis dan cepat. Permasalahan praktis ini mengindikasikan perlunya model sederhana berbasis data sekunder yang tetap mampu menangkap dimensi risiko secara representatif. Literatur yang secara eksplisit mengkaji konflik antara moda jalan rel dan jalan raya, khususnya dalam konteks dinamika komuter, masih terbatas (Russo dan Rindone, 2024). Sebaliknya, beberapa studi lebih berfokus pada aspek teknis dan manajemen risiko transportasi bahan berbahaya (He et al., 2023; Prihartanto et al., 2019) yang meskipun relevan dengan isu keselamatan, belum mengaitkan secara langsung dengan konflik antar moda dalam lanskap urban. Beberapa studi memanfaatkan pendekatan *machine learning* untuk deteksi dan pemetaan dampak bencana terhadap infrastruktur (Kikin et al., 2019). Namun, pendekatan ini masih bersifat teknis dan belum sepenuhnya mengintegrasikan dimensi sosial dan spasial, khususnya keselamatan perlintasan sebidang.

Dengan demikian, terdapat gap konseptual dan aplikatif dalam merumuskan kerangka mitigasi risiko berbasis data sekunder untuk mendukung proses penentuan prioritas penanganan perlintasan sebidang, khususnya di jalur komuter dengan tekanan mobilitas tinggi seperti KRL *Commuter* Lintas Bogor. Penelitian ini bertujuan untuk menjawab kesenjangan tersebut melalui pengembangan kerangka evaluasi risiko yang menggabungkan *exposure* (tata guna lahan, fungsi jalan, jenis kendaraan yang melintas, dan *headway* perjalanan KRL) dan *vulnerability* (lebar jalan, pengaturan simpang, dan kapasitas lingkungan) dengan pendekatan deskriptif berbasis data sekunder yang aplikatif bagi pengambil kebijakan.

METODE

Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif berbasis data sekunder dengan tujuan untuk mengembangkan kerangka evaluasi risiko perlintasan sebidang di KRL *Commuter* Lintas Bogor. Fokus utama adalah mengidentifikasi lokasi-lokasi perlintasan yang memiliki tingkat risiko tertinggi dan menyusun urutan prioritas penanganan berdasarkan tingkat

exposure (paparan) dan *vulnerability* (kerentanan) dari masing-masing titik. Pendekatan berbasis risiko untuk studi transportasi perkotaan dirancang untuk tetap aplikatif dalam kondisi keterbatasan data primer (Lu et al., 2013). Skema penilaian risiko yang digunakan dalam studi ini mengikuti prinsip sederhana, yaitu melalui sistem skoring ordinal terhadap indikator yang relevan secara spasial, fungsional, dan sosial.

Pemilihan Lokasi Kajian

KRL *Commuter* Lintas Bogor dipilih sebagai fokus kajian karena merupakan salah satu jalur *Commuter Line* dengan volume penumpang tertinggi dan frekuensi perjalanan paling padat di wilayah Jabodetabek mencapai rata-rata harian lebih dari 1.000.000 penumpang dengan rekor harian sebanyak 1.149.417 orang pada tanggal 1 Juli 2024. Khusus untuk lintas Bogor, tercatat terdapat 379 perjalanan KRL dalam satu hari, dengan *headway* berkisar antara 5-10 menit pada jam sibuk (PT Kereta Commuter Indonesia, 2024). Lintasan lainnya, seperti Bekasi–Manggarai yang hanya melayani sekitar 177.000 penumpang per hari (Rizqiya et al., 2022). Oleh karena itu, segmentasi ini dinilai paling representatif untuk mitigasi risiko di perlintasan sebidang.

Tahapan Analisis

Kerangka metodologi digambarkan pada Gambar 1, yang meliputi 6 (enam) tahap, yaitu sebagai berikut.

1. Persiapan yang diwujudkan dengan pengumpulan data awal yang relevan, termasuk peta jaringan KRL, seperti pada Gambar 2 serta sumber data publik lainnya.
2. Penetapan batas kajian berupa penentuan ruang lingkup studi secara spasial, yaitu perlintasan sebidang aktif yang berada di KRL *Commuter* Lintas Bogor dan batasan tematik terkait aspek keselamatan, gangguan lintas, dan potensi konflik moda.
3. Penetapan nilai *exposure* berupa penilaian tingkat paparan risiko dari setiap lokasi perlintasan, berdasarkan 4 (empat) indikator (Balakrishnan et al., 2024; Russo dan Rindone, 2024; Varra et al., 2024), meliputi:
 - a. tata guna lahan di sekitar perlintasan melalui observasi;
 - b. fungsi jalan yang terhubung ke perlintasan melalui justifikasi praktis;
 - c. jenis kendaraan yang melintas melalui observasi; dan
 - d. *headway* perjalanan KRL melalui observasi atau data publik teraktual.



Gambar 1 Kerangka metodologi kajian

Keempat indikator ini mencerminkan intensitas interaksi antar-moda dan tekanan mobilitas di lokasi kajian, sesuai pendekatan yang juga digunakan dalam studi spasial kerentanan transportasi (Hong et al., 2024; Luthfiyah, 2024). Dasar penetapan nilai *exposure* merujuk pada Tabel 1.

Tabel 1 Penetapan nilai *exposure*

No.	Indikator <i>exposure</i>	Rendah (Nilai skor = 1)	Sedang (Nilai skor = 2)	Tinggi (Nilai skor = 3)
1.	Tata guna lahan di sekitar perlintasan	Lahan terbuka	Pemukiman	Komersial/perkantoran
2.	Fungsi jalan yang terhubung ke perlintasan	Lokal	Kolektor	Arteri
3.	Jenis kendaraan yang melintas	Pejalan kaki dan pesepeda	Pejalan kaki dan pesepeda; kendaraan tidak bermotor; kendaraan roda 2	Pejalan kaki; pesepeda; kendaraan tidak bermotor; kendaraan roda 2; kendaraan roda 4 atau lebih
4.	Headway perjalanan KRL	> 30 menit	$5 < x \leq 30$ menit	≤ 5 menit

4. Penetapan nilai *vulnerability* berupa penilaian tingkat kerentanan aspek fisik dan aspek sosial pada setiap lokasi perlintasan sebidang, berdasarkan 3 (tiga) indikator (Bi et al., 2024; Yarmohamadi et al., 2023), meliputi:
 - a. lebar jalan di titik perlintasan melalui observasi;
 - b. pengaturan simpang (keberadaan palang pintu, sinyal, atau penjaga) melalui observasi; dan
 - c. kapasitas lingkungan, berupa aktivitas masyarakat sekitar dan visibilitas lokasi melalui observasi.

Ketiga indikator ini mengadopsi pendekatan kerentanan infrastruktur transportasi perkotaan sebagaimana dikembangkan dalam literatur mitigasi risiko dan tanggap darurat (Bi et al., 2023; Capri et al., 2009; Lang et al., 2024). Dasar penetapan nilai *vulnerability* merujuk pada Tabel 2.

Tabel 2 Penetapan nilai *vulnerability*

No.	Indikator <i>vulnerability</i>	Rendah (Nilai skor = 1)	Sedang (Nilai skor = 2)	Tinggi (Nilai skor = 3)
1.	Lebar badan jalan di simpang sebidang	$\geq 7,00$ m	$5,00 \text{ m} \leq x < 7,00$ m	$< 5,00$ m
2.	Pengaturan simpang sebidang	Sinyal lengkap dengan palang pintu	Penjagaan manual dengan sinyal tidak lengkap	Tanpa penjagaan
3.	Kapasitas lingkungan	Lingkungan sepi dan visibilitas baik	Lingkungan cukup ramai dan visibilitas sedang	Lingkungan ramai dan visibilitas rendah

- Perhitungan nilai risiko dengan cara mengalikan skor *exposure* dan *vulnerability*, seperti yang tertulis dalam Persamaan (1).

$$R = E \times V \quad (1)$$

Keterangan:

R = nilai risiko

E = nilai *exposure*, merupakan nilai rata-rata dari semua indikator dalam Tabel 1

V = nilai *vulnerability*, merupakan nilai rata-rata dari semua indikator dalam Tabel 2

Skor akhir risiko diklasifikasikan ke dalam tiga tingkat prioritas penanganan, yaitu: rendah (1-3), sedang (4-6), dan tinggi (7-9). Metode ini telah terbukti efektif dalam mendukung proses pengambilan keputusan yang responsif terhadap keterbatasan data primer dan kompleksitas sistem mobilitas (Ghaffarian et al., 2018; Valenzuela et al., 2022).

Validasi dilakukan untuk menjamin konsistensi dan kredibilitas hasil penilaian risiko perlintasan sebidang. Proses validasi ini menggunakan uji replikasi oleh evaluator independen yang berasal dari unsur Pemerintah dan Praktisi. Pelibatan evaluator dari berbagai latar belakang memberikan preferensi risiko yang beragam (Balakrishnan et al., 2024) dan memperkuat *resilience-informed decision-making* pada infrastruktur transportasi. Validasi ini menjadi kunci dalam memastikan bahwa hasil akhir bukan hanya teknis, tetapi juga dapat diterima secara sosial dan institusional. Evaluator ini diminta untuk menilai ulang hasil prioritisasi secara mandiri. Penilaian dievaluasi menggunakan dua pendekatan statistik, yaitu:

- Percent agreement*, yang menunjukkan tingkat kesamaan antar-hasil penilaian,
- Intraclass Correlation Coefficient* (ICC), yang mengukur konsistensi penilaian secara kuantitatif.

Percent agreement mengukur proporsi skor yang identik antar-penilai, dengan nilai $\geq 80\%$ umumnya dianggap menunjukkan kesepakatan yang baik hingga sangat baik (Portegijs et al., 2014). Sebagai pelengkap, ICC mempertimbangkan variasi antar dan intra-penilai, dengan nilai $\geq 0,75$ dinilai baik dan $\geq 0,90$ sangat baik (Koo dan Li, 2016). Penerapan model *two-way mixed absolute agreement* sebagaimana digunakan menunjukkan relevansi ICalam validasi antar evaluator (Franklin et al., 2024).

6. Prioritisasi penanganan dengan mengklasifikasikan lokasi perlintasan menurut nilai risikonya. Hasil perhitungan nilai risiko digunakan untuk menyusun prioritas penanganan perlintasan sebidang, baik dalam bentuk pembangunan jalan tidak sebidang, penutupan perlintasan ilegal, maupun penambahan pengamanan aktif (Burke et al., 2012; Mossoux et al., 2019).

Justifikasi Pemilihan Metode

Pemilihan metode skoring sederhana ini didasarkan pada pendekatan Kent Index Method (Lu et al., 2013) yang menekankan fleksibilitas penggunaan data sekunder dalam kondisi minim survei lapangan. Selain itu, atribut penilaian *vulnerability* mengacu pada kondisi kerentanan fungsional dan kondisi sosial lingkungan. Pendekatan ini mempertimbangkan kapasitas responsif kawasan terhadap potensi bahaya (Capri et al., 2009). Dengan pendekatan ini, diharapkan perencanaan infrastruktur lebih berbasis bukti dan sejalan dengan dinamika pengaliran (komuter) perkotaan yang kompleks.

DATA DAN ANALISIS

Gambar 2 menunjukkan segmen yang dikaji. Segmen antara Stasiun Jakarta Kota hingga Stasiun Manggarai merupakan lintasan KRL telah dibangun secara melayang (*elevated track*) di atas jalan raya sehingga tidak terdapat perlintasan sebidang di sepanjang koridor tersebut. Fokus kajian diarahkan pada segmen Stasiun Manggarai hingga Stasiun Bogor. Proses identifikasi perlintasan sebidang dilakukan melalui observasi menggunakan citra satelit dan layanan pemetaan digital seperti Google Maps.

Gambar 2 dan Tabel 3 menunjukkan sebaran 57 perlintasan sebidang di sepanjang lintasan KRL *Commuter* Lintas Bogor. Jalur ini menghubungkan sejumlah stasiun penting dari Stasiun Manggarai hingga Stasiun Bogor dan menjadi koridor tersibuk dalam sistem KRL Jabodetabek. Distribusi perlintasan tidak merata di seluruh segmen. Tiga segmen dengan jumlah perlintasan terbanyak, meliputi: Stasiun Cilebut – Stasiun Bogor sebanyak 13 titik (atau sebesar 22,81%), Stasiun Citayam – Stasiun Bojong Gede sebanyak 12 titik (atau sebesar 21,05%), dan Stasiun Bojong Gede – Stasiun Cilebut sebanyak 8 titik (atau sebesar 14,04%).



Gambar 2 KRL *Commuter* Lintas Bogor yang diadaptasi dari PT Kereta Commuter Indonesia (2024) dan Transport for Jakarta (2024)

Tabel 3 Banyak Perlintasan Sebidang di KRL *Commuter* Lintas Bogor

Segmen Awal	Segmen Akhir	Banyak Perlintasan Sebidang	
Stasiun Tebet	Stasiun Cawang	5	8,77%
Stasiun Pasar Minggu Baru	Stasiun Pasar Minggu	1	1,75%
Stasiun Pasar Minggu	Stasiun Tanjung Barat	1	1,75%
Stasiun Tanjung Barat	Stasiun Lenteng Agung	1	1,75%
Stasiun Universitas Pancasila	Stasiun Universitas Indonesia	2	3,51%
Stasiun Universitas Indonesia	Stasiun Pondokcina	2	3,51%
Stasiun Pondokcina	Stasiun Depok Baru	4	7,02%
Stasiun Depok	Stasiun Citayam	12	21,05%
Stasiun Citayam	Stasiun Bojong Gede	8	14,04%
Stasiun Bojong Gede	Stasiun Cileubut	8	14,04%
Stasiun Cileubut	Stasiun Bogor	13	22,81%
Total		57	100,00%

Dengan demikian, lebih dari separuh perlintasan (57,9%) terkonsentrasi di 3 (tiga) segmen terakhir sebelum Stasiun Bogor. Ini menunjukkan bahwa kawasan hilir lintasan memiliki paparan keselamatan yang lebih tinggi, seiring dengan meningkatnya intensitas perlintasan jalan dan rel di area *sub-urban* yang padat aktivitas. Sebaliknya, segmen-segmen di wilayah tengah hingga utara seperti stasiun Tebet – stasiun Cawang, stasiun Pasar Minggu – stasiun Tanjung Barat, dan stasiun Tanjung Barat – stasiun Lenteng Agung hanya mencatat masing-masing 1 - 5 perlintasan, dengan proporsi di bawah 10%. Ini sejalan dengan kondisi fisik jalur yang sebagian sudah *elevated* (bertingkat) dan melewati kawasan perkotaan yang lebih terkontrol dari segi tata ruang dan pembangunan infrastruktur

Hasil analisis deskriptif (ditunjukkan pada Tabel 4) terhadap indikator perlintasan sebidang menunjukkan variasi yang cukup mencolok pada beberapa aspek fisik dan operasional. Mayoritas perlintasan sebidang KRL lintas Bogor menghubungkan jalan lokal dan kolektor, tercermin dari nilai rata-rata fungsi jalan sebesar 1,68 dengan standar deviasi 0,71. Kendaraan yang melintas didominasi sepeda motor dan mobil pribadi (rata-rata 1,91) meskipun terdapat variasi signifikan dengan kehadiran kendaraan berat di beberapa titik. Seluruh perlintasan memiliki nilai *headway* adalah 3,00 tanpa variasi yang menandakan frekuensi kedatangan KRL yang tinggi dan seragam sehingga memperbesar potensi konflik lalu lintas. Lebar badan jalan bervariasi (rata-rata 2,54 dan standar deviasi 0,85), dari ruas

sempit satu lajur hingga ruas lebar dua arah. Pengaturan simpang memiliki nilai rata-rata 2,11 yang menunjukkan dominasi sistem pengamanan sederhana seperti palang manual dengan tingkat kontrol lalu lintas yang bervariasi. Visibilitas rata-rata hanya 1,46 dengan deviasi 0,66 yang menandakan keterbatasan pandangan pada banyak titik perlintasan akibat hambatan fisik atau pencahayaan yang buruk. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian besar perlintasan memiliki karakteristik yang meningkatkan potensi risiko sehingga penting untuk dijadikan dasar dalam penetapan prioritas intervensi penanganan secara sistematis, statistik deskriptif risiko ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Statistik Deskriptif Risiko Perlintasan Sebidang KRL *Commuter* Lintas Bogor

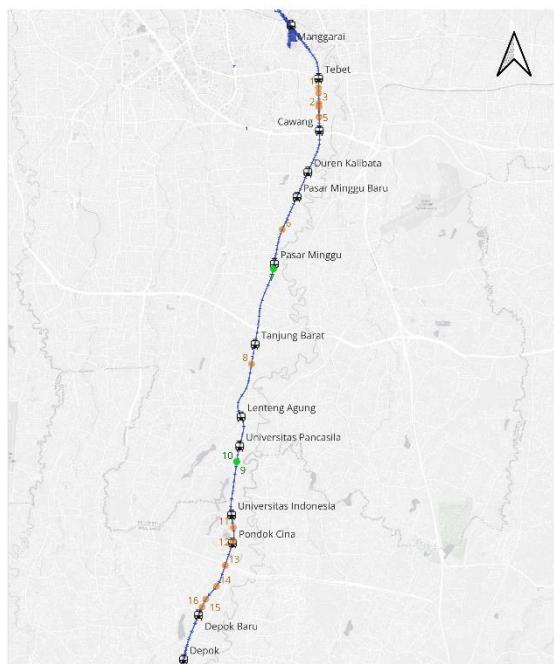
Indikator	Nilai Min.	Nilai Maks.	Nilai Rata-rata	Nilai Standar Deviasi
Tata guna lahan	1	3	1,35	0,61
Fungsi jalan yang dihubungkan	1	3	1,68	0,71
Kendaraan yang melintas	1	3	1,91	0,76
Headway	3	3	3,00	0,00
Lebar badan jalan	1	3	2,54	0,85
Pengaturan simpang	1	3	2,11	0,67
Visibilitas	1	3	1,46	0,66

Hasil validasi menunjukkan tingkat kesesuaian yang sangat tinggi antara penilaian peneliti dan evaluator, dengan *percentage agreement* mencapai 93,33% dan nilai ICC sebesar 0,828. Temuan ini menegaskan bahwa proses penilaian risiko dilakukan secara konsisten dan objektif, serta mencerminkan kesepahaman lintas perspektif. Tingkat reliabilitas yang tinggi memperkuat kredibilitas hasil akhir studi sebagai dasar penetapan prioritas penanganan perlintasan sebidang. Tabel 5 menunjukkan distribusi sebanyak 57 perlintasan sebidang yang tersebar di sepanjang KRL *Commuter* Lintas Bogor, terdiri dari: perlintasan sebidang dengan tingkat risiko rendah sebanyak 7 (tujuh) titik (atau sebesar 12,28%), tingkat risiko sedang sebanyak 50 titik (atau sebesar 87,72%), dan tidak ada yang tergolong risiko tinggi (lihat Gambar 3). Segmen dengan jumlah perlintasan terbanyak untuk risiko sedang tertinggi adalah stasiun Depok – stasiun Citayam dan stasiun Cileubut – stasiun Bogor dengan masing-masing segment mencatat terdapat 11 titik lokasi dengan risiko sedang.

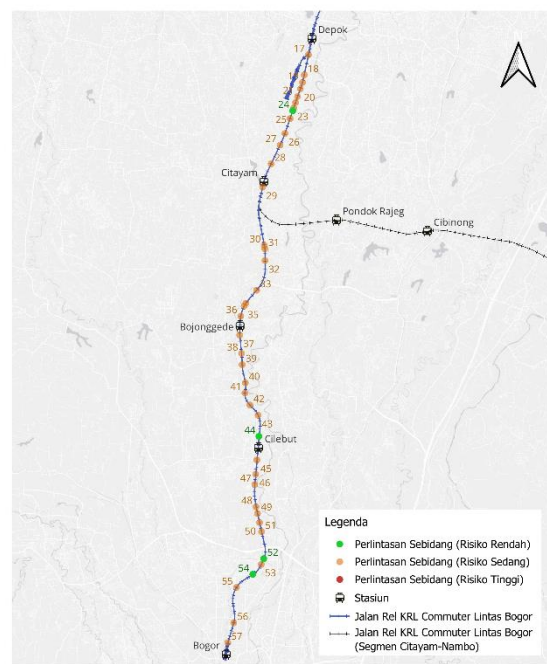
Distribusi ini menunjukkan bahwa kedua segmen tersebut dalam kondisi risiko sedang yang berarti tidak cukup berkeselamatan tetapi juga belum mencapai tingkat bahaya tinggi. Hal ini menandakan perlunya intervensi bertahap, terutama pada segmen yang memiliki konsentrasi risiko sedang dalam jumlah tinggi. Upaya perbaikan infrastruktur, pengaturan simpang, dan peningkatan visibilitas dapat difokuskan pada segmen seperti stasiun Citayam – stasiun Bojong Gede dan stasiun Depok – stasiun Citayam yang berkontribusi signifikan terhadap total risiko sedang di jaringan KRL ini, segmen ditunjukkan pada Gambar 3.

Tabel 5 Banyak Perlintasan Sebidang berdasarkan Tingkat Risiko

Segmen Awal	Segmen Akhir	Banyak Perlintasan Sebidang		
		Risiko Rendah	Risiko Sedang	Risiko Tinggi
Stasiun Tebet	Stasiun Cawang	-	5	-
Stasiun Pasar Minggu Baru	Stasiun Pasar Minggu	-	1	-
Stasiun Pasar Minggu	Stasiun Tanjung Barat	1	-	-
Stasiun Tanjung Barat	Stasiun Lenteng Agung	-	1	-
Stasiun Universitas Pancasila	Stasiun Universitas Indonesia	2	-	-
Stasiun Universitas Indonesia	Stasiun Pondokcina	-	2	-
Stasiun Pondokcina	Stasiun Depok Baru	-	4	-
Stasiun Depok	Stasiun Citayam	1	11	-
Stasiun Citayam	Stasiun Bojong Gede	-	8	-
Stasiun Bojong Gede	Stasiun Cilebut	1	7	-
Stasiun Cilebut	Stasiun Bogor	2	11	-
Total		7	50	0



(a) segmen Stasiun Manggarai –Stasiun Depok



(b) segmen Stasiun Depok – Stasiun Bogor

Gambar 3 Peta Perlintasan Sebidang antara Stasiun Manggarai - Stasiun Bogor berdasarkan Kategori Risiko

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis di atas diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berhasil mengidentifikasi sebanyak 57 perlintasan sebidang pada jalur KRL *Commuter* Lintas Bogor, dengan distribusi yang tidak merata di sepanjang lintasan. Tiga segmen terakhir, yaitu: stasiun Citayam – stasiun Bojong Gede, stasiun Bojong Gede – stasiun Cilebut, dan stasiun Cilebut – stasiun Bogor, mencakup lebih dari separuh dari keseluruhan titik perlintasan yang dianalisis.

2. Hasil penilaian risiko berbasis pendekatan *exposure* dan *vulnerability* menunjukkan tingkat kesesuaian yang sangat tinggi antara Peneliti dan Evaluator Independen. Validasi melalui uji replikasi menghasilkan *percentage agreement* sebesar 93,33% dan nilai ICC sebesar 0,828. Hal ini mencerminkan bahwa tingkat konsistensi dan reliabilitas penilaian yang sangat baik.
3. Hasil studi menunjukkan bahwa tidak terdapat perlintasan dengan kategori risiko tinggi namun perlintasan dalam kategori risiko sedang didapati sebanyak 50 titik (87,72%) dan kategori risiko rendah sebanyak. Segmen dengan distribusi risiko sedang paling banyak ditemukan pada segmen stasiun Depok – stasiun Citayam dan stasiun Cilebut – stasiun Bogor, masing-masing sebanyak sebanyak 11 titik (20%). Kedua segmen ini memerlukan prioritas penanganan dalam intervensi keselamatan perlintasan sebidang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DTSL FT UI dan Prodi TS FT UP atas dukungan akademik dan fasilitas yang diberikan selama penyusunan artikel ini. Penghargaan yang tulus juga disampaikan kepada para evaluator independen atas kontribusi yang berharga dalam proses validasi, yaitu: Prof. Jachrizal Sumabrata – Guru Besar DTSL FT UI; Wildi Kusumasari – Analis Kebijakan, Badan Kebijakan Transportasi, Kementerian Perhubungan; Desy Widya – Penelaah Teknis Kebijakan, Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Kota Depok; Heranisty Nasution – Program Manager, Inisiatif Strategis Transportasi (INSTRAN); Furry Ayu Agustiyani – Pengawas Transportasi Perkeretaapian, Dirjen Perkeretaapian, Kementerian Perhubungan; Novra Tilova Anumasta – Transport Modelling, Laboratorium Transportasi UI dan Pengguna KRL; Ferdinand Trestanto – Highway Engineer, Mott Macdonald dan pengguna KRL; serta Alifia Nisrina Ramadhanti – Transport Engineer, POLAR dan pengguna KRL.

DAFTAR PUSTAKA

- Balakrishnan, S., Jin, L., Cassottana, B., Costa, A., dan Sansavini, G. 2024. *Developing resilience pathways for interdependent infrastructure networks: A simulation-based approach with consideration to risk preferences of decision-makers*. Sustainable Cities and Society, 115.
- Bi, W., MacAskill, K., dan Schooling, J. 2023. *Old Wine in New Bottles? Understanding Infrastructure Resilience: Foundations, Assessment, and Limitations*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 120.
- Bi, W., Schooling, J., dan MacAskill, K. 2024. *Assessing Flood Resilience of Urban Rail Transit Systems: Complex Network Modelling and Stress Testing in a Case Study of London*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 134.
- Burke, S., Bethel, J. W., dan Britt, A. F. 2012. *Assessing Disaster Preparedness Among Latino Migrant and Seasonal Farmworkers in Eastern North Carolina*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 9 (9): 3115–3133.

- Capri, S., Ignaccolo, M., dan Inturri, G. 2009. *VTOL Aircraft in Emergency Planning and Management: a Model for a Helipad Network*. *Disasters*, 33 (1): 82–94.
- Franklin, E., Stebbings, G. K., Morse, C. I., Runacres, A., dan Dos'Santos, T. 2024. *Between-Session Reliability of Athletic Performance and Injury Mitigation Measures in Female Adolescent Athletes in the United States*. *Life*, 14 (7).
- Ghaffarian, S., Kerle, N., dan Filatova, T. 2018. *Remote Sensing-Based Proxies For Urban Disaster Risk Management And Resilience: A Review*. *Remote Sensing*, 10 (11): 1760.
- He, P., Guo, Z., Chen, H., Shi, P., Zhou, X., dan Wang, G. 2023. *Research and Application of Early Identification of Geological Hazards Technology in Railway Disaster Prevention and Control: A Case Study of Southeastern Gansu, China*. *Sustainability (Switzerland)*, 15 (24).
- Hong, Y., Zhang, Z., Fang, X., dan Lu, L. 2024. *Evaluating the Dynamic Comprehensive Resilience of Urban Road Network: A Case Study of Rainstorm in Xi'an, China*. *Land*, 13 (11).
- Kikin, P. M., Kolesnikov, A. A., dan Portnov, A. M. 2019. *Use of Machine Learning Techniques for Rapid Detection, Assessment and Mapping The Impact of Disasters on Transport Infrastructure*. *International Archives of the Photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 42(3/W8): 195–200.
- Koo, T. K., dan Li, M. Y. 2016. *A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research*. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155–163.
- Lang, Q., Wan, Z., Zhang, J., Zhang, Y., Zhu, D., dan Liu, G. 2024. *Resilience Assessment and Enhancement Strategies for Urban Transportation Infrastructure to Cope with Extreme Rainfalls*. *Sustainability*, 16 (11).
- Lu, H., Wang, M., Yang, B., dan Rong, X. 2013. *Study on the Application of the Kent Index Method on the Risk Assessment of Disastrous Accidents in Subway Engineering*. *The Scientific World Journal*, 2013 (1).
- Luthfiyah, H. 2024. *Pengaruh Infrastruktur Pelabuhan terhadap Manajemen Risiko dan Efektivitas Logistik*. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, Desember, 10 (24.2): 513–519.
- Mossoux, S., Kervyn, M., dan Canters, F. 2019. *Assessing The Impact of Road Segment Obstruction on Accessibility of Critical Services in Case of a Hazard*. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 19 (6): 1251–1263.
- Portegijs, E., Iwarsson, S., Rantakokko, M., Viljanen, A., dan Rantanen, T. 2014. *Life-Space Mobility Assessment In Older People In Finland; Measurement Properties in Winter And Spring*. *BMC Research Notes*, 7 (1).
- Prihartanto, Raharjo, A. P., dan Zahro, Q. 2019. *Model Analisis Risiko Bencana Transportasi Bahan Beracun dan Berbahaya Industri di Kabupaten Serang, Provinsi Banten*. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 20 (1): 133-142.
- Rizqiya, V. A., Rini, I., Ari, D., dan Firdausiyah, N. 2022. *Evaluasi Kinerja Operasional Dan Pelayanan KRL Cikarang-Jakarta Kota*. *Planning for Urban Region and Environment Journal (PURE)*, 11 (3): 177-186.
- Russo, F., dan Rindone, C. 2024. *Methods for Risk Reduction: Training and Exercises to Pursue the Planned Evacuation*. *Sustainability*, 16 (4).
- Valenzuela, J. F. B., Legara, E. F. T., dan Monterola, C. P. 2022. *Typology, Network Features and Damage Response in Worldwide Urban Road Systems*. *PLoS ONE*.
- Varra, G., Morte, R. D., Tartaglia, M., Fiduccia, A., Zammuto, A., Agostino, I., Booth, C. A., Quinn, N., Lamond, J. E., dan Cozzolino, L. 2024. *Flood Susceptibility*

- Assessment for Improving the Resilience Capacity of Railway Infrastructure Networks*. Water (Switzerland), 16 (18).
- Yarmohamadi, M., Alesheikh, A. A., Sharif, M., dan Vahidi, H. 2023. *Predicting Dust-Storm Transport Pathways Using a Convolutional Neural Network and Geographic Context for Impact Adaptation and Mitigation in Urban Areas*. Remote Sensing, 15 (9).