



Pengembangan Model Mikrosimulasi pada Perlintasan Sebidang Kereta Api pada Jalan Perkotaan dengan PTV VISSIM

***Fauzan Rizki Muharam, Taufiq Suryo Nugroho, Widyarini Weningtyas**

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Bandung

^{*}25023050@mahasiswa.itb.ac.id

Received: 21 Mei 2024 Revised: 24 Desember 2024 Accepted: 29 Desember 2024

Abstract

A level crossing between railways and roads is one of the critical traffic elements in a road network system as it can cause significant delays and long queues, especially when the crossing is part of an urban road network. This study aims to analyze traffic performance at level crossings using a microsimulation approach with the PTV VISSIM software. The model is designed to explicitly simulate the interaction between trains and vehicles by utilizing features such as priority rules, public transport lines, and reduced speed areas, and calibrating it based on field data. This research takes a case study of the level crossing at Jalan Abdul Rahman Saleh – Nurtanio, Bandung City. Data collection was conducted through direct observation via field surveys and data from supporting literature documents. The analysis results indicate that the existing traffic performance is at a Level of Service F, with an average intersection delay exceeding 60 seconds per vehicle. Microsimulation recommends the construction of a grade-separated intersection as a solution to improve traffic performance in the future.

Keywords: At-grade railway crossing, microsimulation, PTV VISSIM

Abstrak

Perlntasan sebidang antara kereta api dan jalan merupakan salah satu elemen lalu lintas kritis dalam sistem jaringan jalan karena dapat menimbulkan tundaan yang besar dan antrian yang panjang terutama jika perlntasan sebidang tersebut dalam sistem jaringan jalan perkotaan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja lalu lintas di perlntasan sebidang menggunakan pendekatan mikrosimulasi dengan program PTV VISSIM. Model ini dirancang untuk memodelkan interaksi antara kereta api dan kendaraan secara eksplisit dengan memanfaatkan fitur-fitur seperti priority rules, public transport line, dan reduced speed area, serta mengkalibrasinya berdasarkan data lapangan. Penelitian ini mengambil studi kasus perlntasan sebidang di Jalan Abdul Rahman Saleh – Nurtanio Kota Bandung. Pengumpulan data dilakukan secara observasi langsung melalui survei lapangan dan data dari dokumen penunjang literatur terkait. Hasil analisis menunjukkan kinerja lalu lintas eksisting berada pada tingkat pelayanan F dengan tundaan rata-rata simpang >60 detik/kendaraan. Simulasi mikrosimulasi merekomendasikan pembangunan simpang tidak sebidang sebagai solusi untuk meningkatkan tingkat pelayanan lalu lintas di masa depan.

Kata kunci: Perlntasan kereta api sebidang, mikrosimulasi, PTV VISSIM

Pendahuluan

Dalam sistem jaringan jalan raya, persimpangan merupakan titik terjadinya konflik lalu lintas dari berbagai arah pergerakan, sehingga tingkat efisiensi suatu jaringan jalan raya ditentukan dari kinerja persimpangan yang dilewati. Persimpangan dengan jalur kereta api merupakan suatu permasalahan yang kompleks bagi sistem transportasi di

perkotaan. Pada kasus ini, kinerja lalu lintas pada jaringan jalan di sekitar perlntasan sangat dipengaruhi oleh kinerja perlntasan kereta api sebidang. Persimpangan menurut AASTHO (2001) didefinisikan sebagai kondisi daerah dengan dua atau lebih jalan yang bertemu atau memotong, meliputi badan jalan, dan fasilitas di sisi jalan yang digunakan untuk pergerakan lalu lintas. Persimpangan merupakan bagian penting dari suatu

jalan raya yang dapat menentukan efisiensi, keselamatan, kecepatan dan kapasitas tergantung dari desainnya.

Persimpangan sebidang jalan dengan rel yang juga dikenal dengan HRI atau Highway-Rail Intersection, merupakan jenis persimpangan antara jalan raya dan jalan rel yang termasuk kasus khusus pada persimpangan jalan raya. Hal ini disebabkan terdapat beberapa tipe pergerakan lalu lintas yang terlibat pada persimpangan ini antara lain kendaraan, kereta api, dan pejalan kaki (Wooldridge *et al.*, 2001). Akibatnya, pada kasus ini penentuan kinerja lalu lintas jaringan jalan di sekitar perlintasan sangat dipengaruhi oleh kinerja perlintasan kereta api sebidang.

Persimpangan jalan raya dan jalan rel sudah diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan No PM 36 Tahun 2011 tentang perpotongan atau persinggungan antara jalur kereta api dengan bangunan lain. Pada peraturan ini disebutkan persyaratan perlintasan persimpangan jalan rel sebidang harus memenuhi ketentuan; 1) kecepatan kereta api pada perlintasan kurang dari 60 km/jam, 2) selang waktu antarkereta api berikutnya yang melintas minimal 30 menit, 3) jalan yang melintas adalah jalan kelas III, 4) jarak antarperlintasan kereta api tidak kurang dari 800 meter, 5) jarak pandang masinis kereta api minimal 500 meter maupun pengemudi kendaraan bermotor dengan jarak minimal 150 meter.

Beberapa penelitian mengenai kinerja lalu lintas pada perlintasan kereta api sebidang telah dibahas dengan berbagai metode dan pengembangan. Penelitian tersebut antara lain yang dilakukan oleh (Amal, 2002; Li & Cheng, 2011; Setiawan *et al.*, 2020) penentuan besarnya tundaan dan panjang antrean dihitung menggunakan metode regresi linear yang terpilih sesuai syarat statistik. Dalam penelitian (Anisarida & Wicaksono, 2024; Efendi *et al.*, 2020; Said, 2004; Sari & Widyastuti, 2021; Setyaningsih, 2007; Utami & Putra, 2018; Widyastuti *et al.*, 2019) dilakukan analisis menggunakan metode MKJI 1997, model hubungan kecepatan, arus, dan kerapatan serta perhitungan antrean dan tundaan menggunakan teori *Shockwave Analysis* dan *Queueing Analysis*. Selain itu pada penelitian (Winarsih & Nahdalina, 2017) menggunakan metode antrean dan tundaan deterministik. Akan tetapi, dalam beberapa tahun ke belakang ini telah dikembangkan metode penilaian kinerja yang lebih baik dari beberapa metode sebelumnya yaitu menggunakan pendekatan model mikrosimulasi. Metode ini dinilai lebih baik karena dapat menggambarkan visualisasi kondisi lapangan pada tingkat individu, yang berarti setiap entitas/individu dianggap secara terpisah dan unik.

Kelebihan lainnya dalam penggunaan metode model mikrosimulasi yaitu dapat memperhitungkan variansi dalam perilaku dan preferensi individu dibandingkan dengan metode yang lain. Perilaku dan preferensi individu kemudian akan divalidasi dengan kondisi lapangan, sehingga memiliki sensitivitas yang lebih baik terhadap parameter individu/kondisi yang berubah.

Pada penelitian (Chen & Rilett, 2013; Guo *et al.*, 2022; Pulugurtha & Desai, 2007; Susetyo, 2020; Tydlacka, 2004) telah dikembangkan metode pemodelan mikrosimulasi dengan bantuan *software* PTV VISSIM untuk kasus perlintasan sebidang. Ukuran kinerja yang dihitung pada kedua penelitian ini yaitu panjang antrean, volume, waktu tempuh dan tundaan. Metode yang dipakai yaitu metode pemodelan mikrosimulasi menggunakan *software* PTV VISSIM dengan simplifikasi pada jadwal kedatangan kereta api. Simplifikasi juga diterapkan pada interaksi antara kendaraan dengan kereta api yang melintas. Pemodelan dilakukan dengan pengembangan skenario variasi volume kendaraan, frekuensi kereta api, dan jumlah lajur.

Kontras dengan penelitian sebelumnya penelitian ini akan berfokus pada pengembangan pemodelan perlintasan sebidang kereta api dengan menggunakan PTV VISSIM dengan interaksi antara kereta api dan kendaraan dimodelkan secara eksplisit menggunakan fitur – fitur yang ada. Disamping itu model mikrosimulasi yang dikembangkan menyesuaikan dengan kedatangan kereta sesuai dengan jadwal pada Grafik Perjalanan Kereta Api (GAPEKA) sehingga model yang dihasilkan lebih representatif dan menggambarkan kondisi sebenarnya. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan analisis mengenai kinerja lalu lintas akibat pengaruh perlintasan sebidang kereta api menggunakan metode pemodelan mikrosimulasi. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan program PTV VISSIM. Fitur yang ada pada program tersebut antara lain *conflict area*, *priority rules*, dan *reduced speed area*, fitur tersebut nantinya akan dilakukan utilisasi agar dapat memodelkan perlintasan sebidang secara eksplisit. Model yang sudah dibangun kemudian dikalibrasi sesuai kondisi lapangan berdasarkan data lapangan yang didapatkan melalui survei.

Pada penelitian ini lokasi yang digunakan sebagai studi kasus adalah Perlintasan Sebidang di Jalan Abdul Rahman Saleh-Nurtanio, Kota Bandung. Jalan ini termasuk salah satu ruas jalan nasional yang memiliki intensitas volume kendaraan yang cukup padat di Kota Bandung. Hal ini disebabkan ruas jalan ini merupakan jalur utama untuk masuk dan keluar dari pusat Kota Bandung. Selain itu, pada kawasan ini terdapat titik perlintasan sebidang

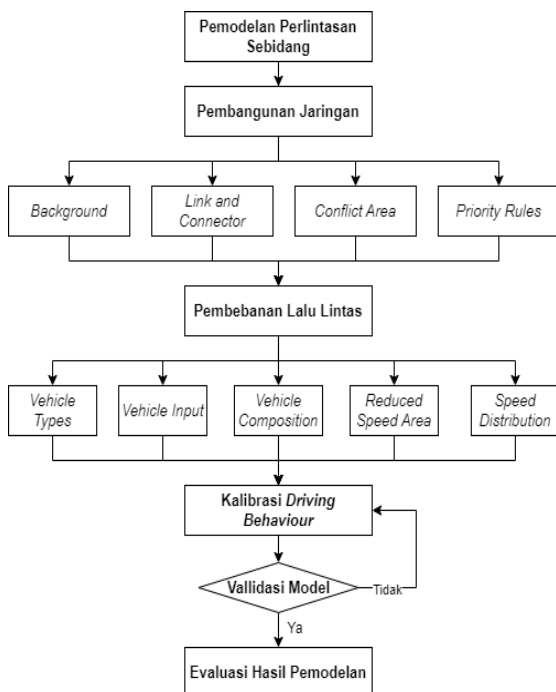
moda jalan rel yang memiliki frekuensi kedatangan kereta antara 10 (sepuluh) menit sampai 30 (tiga puluh) menit sekali.

Hal ini menunjukkan bahwa pada rentang waktu tersebut jaringan jalan akan ditutup sementara untuk mendahulukan perjalanan kereta api. Akibatnya, pada ruas jalan ini sering terjadi antrean kendaraan yang panjang terutama pada saat jam sibuk dengan intensitas volume kendaraan yang tinggi. Kinerja lalu lintas yang ditinjau antara lain tundaan, waktu tempuh, kecepatan, dan panjang antrian. Kemudian akan dilakukan proyeksi pada 5 tahun dan 20 tahun setelah tahun penyusunan model untuk menilai prediksi dampak akibat adanya pertumbuhan kendaraan dan kebijakan yang diterapkan.

Metodologi

Tahapan pemodelan perlintasan sebidang

Pemodelan mikrosimulasi PTV VISSIM digunakan untuk mengetahui dampak lalu lintas pada kondisi eksisting dan proyeksinya dengan langkah-langkah pemodelan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir tahapan pemodelan mikrosimulasi

Dalam penelitian ini program PTV VISSIM digunakan untuk pemodelan lalu lintas pada lokasi tinjauan. Program PTV VISSIM ini dapat membantu mensimulasikan pembebanan pada jaringan jalan untuk kendaraan dan kereta api. Tahap pemodelan dibagi menjadi dua yaitu tahap

pembangunan jaringan (*network modelling*) dan tahap pembebanan lalu lintas (*vehicle traffic input*). Pada tahap pembangunan jaringan dilakukan pemodelan jaringan jalan dan geometrik di lokasi tinjauan sesuai dengan batas ruang yang ditetapkan. Langkah-langkah pemodelan adalah : 1) pengaturan *network setting*, 2) penambahan latar belakang, 3) pembentukan ruas jalan (*link*) dan penghubung (*connector*), 4) pengaturan daerah konflik (*conflict area*), 5) pengaturan jalur prioritas (*priority rules*).

Langkah-langkah pemodelan pada tahap pembebanan lalu lintas terdiri dari 1) pengaturan tipe kendaraan, 2) pengaturan komposisi kendaraan (*vehicle composition*), 3) penentuan distribusi kecepatan kendaraan (*desired speed distribution*), 4) penentuan volume kendaraan (*vehicle input*), 5) penentuan rute kendaraan (*vehicle route*), 6) pengaturan area pengurangan kecepatan (*speed reduction areas*), 7) pengaturan jalur prioritas (*priority rules*) dan 8) pengaturan jaringan transportasi publik (*public transport line*)

Hal yang membedakan dalam proses pembentukan model pada jaringan jalan biasa dengan kasus perlintasan sebidang dengan kereta api pada penelitian ini yaitu terletak pada bagian pengaturan area pengurangan kecepatan, pengaturan jalur prioritas, dan pengaturan jaringan transportasi publik. Area pengurangan kecepatan ditempatkan pada perlintasan kereta api untuk memodelkan penurunan kecepatan kendaraan akibat perbedaan elevasi antara jalan utama dengan perlintasan kereta api.

Pada proses penentuan jalur prioritas perlintasan sebidang, ditentukan *gap acceptance* moda kereta api diatur sehingga memiliki prioritas lebih tinggi untuk melewati persimpangan tanpa gangguan sesuai dengan undang-undang yang telah ditetapkan, sehingga moda jalan raya diwajibkan untuk berhenti saat kereta api telah mencapai jarak tertentu dari perlintasan.

Di lapangan pengaturan ini dilakukan dengan menutup pintu perlintasan sebidang menggunakan palang pintu, sedangkan pada model simulasi dilakukan dengan mengubah parameter jalur prioritas yaitu *minimum clearance* berdasarkan data lapangan. Hal lainnya yaitu pengaturan tingkat kedatangan jaringan transportasi publik untuk moda kereta api yang disusun sehingga sesuai dengan jadwal yang tertera pada Grafik Perjalanan Kereta Api tahun 2023.

Parameter kalibrasi dan validasi

Kalibrasi model lalu lintas dilakukan untuk mengubah kondisi pemodelan sehingga mendekati kondisi sebenarnya dibandingkan dengan hasil

observasi lapangan. Proses kalibrasi model ini dilakukan pada parameter *driving behaviour* yang meliputi parameter *car following model*, *lane change*, dan *lateral*. Selain itu dilakukan juga kalibrasi dengan menggunakan data lapangan terhadap fitur khusus PTV VISUM yang digunakan untuk memodelkan perlintasan sebidang secara eksplisit yaitu: *speed reduction areas*, *priority rules*, dan *public transport lines*. Pada proses ini dilakukan perubahan secara *trial and error* pada parameter kalibrasi hingga membentuk hasil yang cukup valid secara visual dan statistik untuk dapat dilakukan analisis selanjutnya.

Menurut (Havers, 1970) terdapat rumus statistik yang digunakan dalam rekayasa lalu lintas, perkiraan lalu lintas, dan pemodelan lalu lintas untuk membandingkan hasil observasi dan hasil simulasi. Dalam validasi program VISSIM ini juga diperlukan pengujian untuk membuktikan kebenaran dari model yang telah dibuat. Proses validasi menggunakan Persamaan 1. Kesimpulan dari hasil perhitungan rumus statistik GEH (Geoffrey E. Havers) tersebut mengacu pada Tabel 1.

$$GEH = \sqrt{\frac{(simulated - observed)^2}{0,5 \times (simulated + observed)}} \quad (1)$$

Tabel 1. Kesimpulan Nilai GEH (Geoffrey E. Havers)

Nilai GEH	Keterangan
$GEH < 5,0$	Model Diterima
$5,0 \leq GEH \leq 10,0$	Peringatan, model eror/data kurang baik
$GEH > 10,0$	Model Ditolak

Parameter simulasi

Penentuan parameter simulasi perlu dilakukan untuk mengetahui bagaimana pemodelan yang dibuat akan berjalan. Parameter simulasi yang dipakai adalah 1) *periods*, yaitu lama periode simulasi, pada penelitian ini periode simulasi adalah 3600 detik. Penentuan periode simulasi ini didasarkan pada analisis yang dilakukan ketika kondisi jam sibuk (*peak hour*), 2) *number of runs*, yaitu jumlah simulasi, yang pada penelitian ini

dilakukan tiga kali simulasi dengan hasil analisis yang digunakan berupa nilai rata-rata dari seluruh hasil simulasi. Selain dari dua parameter di atas, nilai parameter lainnya disesuaikan dengan nilai standar yang disediakan oleh PTV VISSIM seperti *random seed*, *random seed increment* dan *simulation resolution*.

Hasil dan Pembahasan

Lokasi penelitian ini terletak di Perlintasan Sebidang Kereta Api Jalan Abdul Rahman Saleh – Nurtanio, Kota Bandung (Gambar 2). Jalan ini termasuk salah satu jaringan jalan nasional yang menghubungkan wilayah Kota Bandung dengan Kota Cimahi dan Kabupaten Bandung Barat. Pada jalan ini terdapat perlintasan sebidang kereta api *double track* yang memiliki frekuensi keberangkatan kereta relatif banyak.



Gambar 2. Denah lokasi perlintasan sebidang Jalan Abdul Rahman Saleh – Nurtanio

Periode observasi lapangan dilakukan pada hari Senin, 20 Maret 2023 dengan periode pengamatan jam sibuk pagi pukul 06:00-08:00 serta periode pengamatan jam sibuk sore pukul 16:00-18:00. Pemilihan periode waktu ini didasarkan pada hasil survei pendahuluan bahwa pada periode waktu tersebut arus kedatangan kendaraan cukup tinggi dengan frekuensi perjalanan kereta api yang cukup padat. Dari hasil observasi lapangan didapat data berupa, data geometrik jalan, arus lalu lintas, data distribusi kecepatan kendaraan, dan data panjang antrian yang disajikan pada Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 2. Hasil survei geometrik jalan

Nama ruas	Lokasi	Penampang melintang					Jarak	
		Lebar Jalur	Jumlah Lajur	Lebar lajur	Median	Trotoar	Palang – rel	Palang – jalan raya
		(m)		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Abdul Rahman Saleh	Perlintasan	17	4	4,00	1	0,0	2,7	1,5
	Ruas	15	4	3,75	0	2,0	0,0	0,0
Nurtanio	Perlintasan	16	4	4,00	1	1,5	2,5	1,5
	Ruas	14	4	3,50	0	1,5	0,0	0,0

Tabel 3. Volume jam puncak ruas (kend/jam)

Nama ruas	Periode jam puncak	MC	LV	BUS	TRUCK
Abdul Rahman Saleh	Pagi	3161	570	10	8
Nurtanio	Pagi	3971	952	4	32
Abdul Rahman Saleh	Sore	3199	1092	43	48
Nurtanio	Sore	2324	717	6	44

MC: Motorcycle, LV : Light Vehicle, BUS : Bus, TRUCK: Truck

Tabel 4. Panjang antrian dari pengamatan lapangan

No. KA.	Arah	Periode jam puncak	Jam	Panjang antrian (m)	
				Nurtanio	Abdul Rahman Saleh
445A	t-b	Pagi	06:18	208	137
448E	b-t	Pagi	06:35	195	120
452A	b-t	Pagi	07:06	215	115
447A	t-b	Pagi	07:25	344	134
454B	b-t	Pagi	07:43	389	147
44A	b-t	Pagi	07:56	395	132
465B	t-b	Sore	16:13	106	213
52	b-t	Sore	16:37	113	283
472B	b-t	Sore	16:53	213	443
150	t-b	Sore	16:53	213	443
467	t-b	Sore	17:22	176	472
474A	b-t	Sore	17:40	372	523

Kecepatan kendaraan didapatkan dengan mencatat waktu yang dibutuhkan oleh kendaraan untuk melewati jarak tertentu kemudian dibagi panjang segmen yang ditinjau. Pengambilan data kecepatan kendaraan ini dilakukan pada setiap jenis kendaraan yaitu MC, LV, bus, dan truck pada setiap ruas lokasi tinjauan.

Kecepatan kendaraan ini diperlukan sebagai masukan distribusi kecepatan (*desire speed distribution*) yang dapat mempengaruhi kapasitas jalan dan waktu tempuh yang didapat. Pada Tabel 5 ditampilkan jumlah sampel dan pada Gambar 3 distribusi kumulatif kecepatan hasil pada survei kecepatan kendaraan.

Tabel 5. Jumlah sampel survei kecepatan

Jenis kendaraan	Jumlah sampel	Kecepatan (km/jam) rata-rata	deviasi
MC	180	39,59	9,27
LV	180	36,76	8,59
BUS	42	28,06	7,38
TRUCK	59	26,30	4,15

Tabel 6. Kecepatan kereta api hasil pengamatan

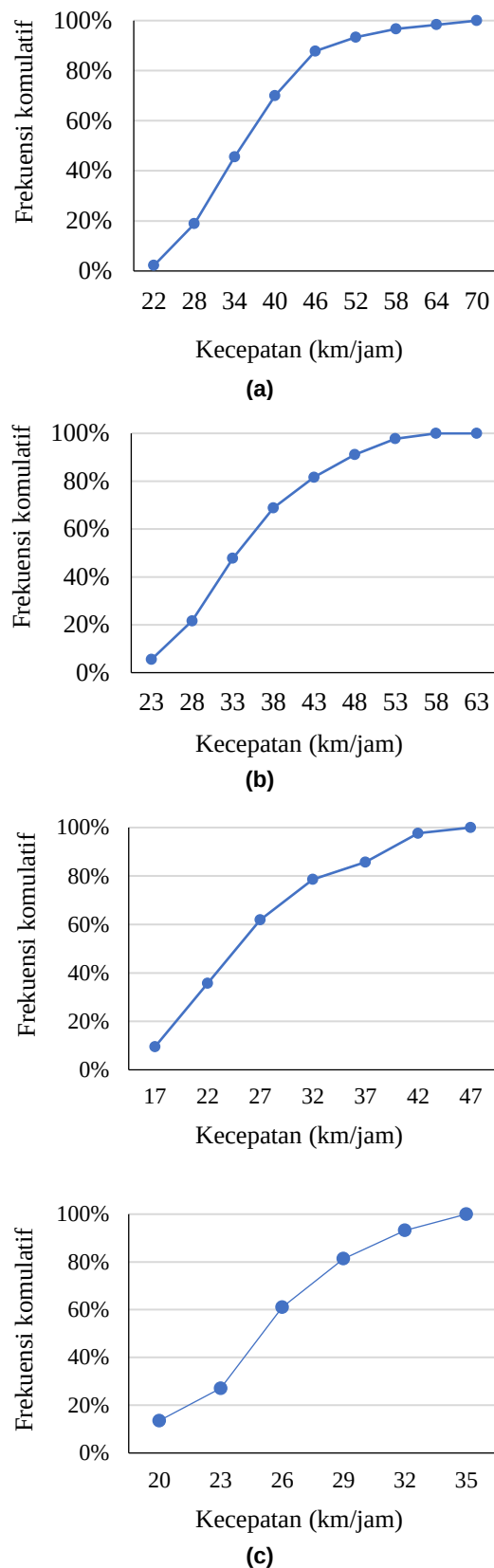
Jenis kereta	Kecepatan rata-rata	
	m/s	km/jam
KA lokal	7,13	26,67
KA jarak jauh	9,67	34,83

Tabel 7. Durasi Penutupan Perlintasan Kereta

No. KA.	Arah	Periode jam puncak	Waktu (detik)				Total
			Sg – Gc	Gc – Tc	Tc – Tl	Tl – Go	
445A	t-b	Pagi	16	124	33	9	182
448E	b-t	Pagi	12	136	32	8	188
452A	b-t	Pagi	11	110	28	9	158
447A	t-b	Pagi	14	151	29	11	205
454B	b-t	Pagi	10	109	26	12	157
44A	b-t	Pagi	12	128	23	11	174
465B	t-b	Sore	13	38	26	12	89
52	b-t	Sore	10	139	22	10	181
472B*	b-t	Sore	9	90	30	-	129
150*	t-b	Sore	-	146	34	9	189
467	t-b	Sore	10	172	27	10	219
474A	b-t	Sore	11	106	27	8	152

Sg - Gc: Signal On – Gate Close, Gc-Tc: Gate Close – Train Come, Tc-Tl: Train Come – Train Leave, Tl – Go: Train Leave – Gate Open

*Persilangan kereta di perlintasan



Gambar 3. (a) Distribusi kumulatif kecepatan sepeda motor (MC), (b) Distribusi kumulatif kecepatan kendaraan bus (BUS), (c) Distribusi kumulatif kecepatan kendaraan truk (TRUCK)

Dari data perlintasan kereta didapat durasi penutupan pintu perlintasan, dan kecepatan kereta api. Penentuan kecepatan kereta api ketika melintas dapat diketahui dengan membandingkan panjang rangkaian kereta api dengan durasi ketika melintas pada perlintasan selama observasi lapangan. Pada penelitian ini kecepatan kereta api dibedakan menjadi dua jenis yaitu KA lokal dan KA jarak jauh. Penetapan ini dilakukan untuk melakukan simplifikasi terhadap model yang sedang dibangun serta keterbatasan alat untuk penelitian. Penentuan kecepatan didasarkan pada panjang rangkaian KA mengikuti dimensi standar yang telah ditetapkan oleh PT. INKA. Kecepatan ini digunakan sebagai masukan dalam PTV VISSIM sebagai kecepatan kendaraan umum berdasarkan jadwal. Kecepatan KA dan durasi penutupan perlintasan disajikan pada Tabel 6 dan 7.

Proses Kalibrasi dan validasi model mikrosimulasi

Setelah data lapangan lengkap maka langkah selanjutnya adalah melakukan pemodelan mikrosimulasi dengan menggunakan bantuan *software* PTV VISSIM untuk mengetahui kinerja lalu lintas pada kondisi eksisting dan tahun proyeksi. Dalam penelitian ini, nilai parameter dan perubahannya akan mengacu pada nilai dasar serta penelitian (Firmansyah *et al.*, 2022; Susetyo, 2020) untuk kemudian disesuaikan dengan model yang telah dibuat. Berikut ditampilkan Tabel 8 yang menunjukkan parameter kalibrasi terpilih untuk model ini. Kalibrasi dilakukan bukan hanya pada parameter perilaku pengemudi, akan tetapi juga terhadap fitur PTV VISSIM yang dipakai untuk memodelkan perlintasan sebidang.

Validasi model dilakukan bersamaan setelah proses kalibrasi trial dan error setiap model simulasi yang dijalankan selama periode yang ditentukan. Data yang dijadikan validasi model ini yaitu panjang antrian. Metode validasi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan persamaan GEH. Validasi lain yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan secara visual langsung.

Perubahan parameter perilaku berkendara pada proses kalibrasi mempengaruhi secara langsung luaran model yang sedang dibuat. Mengacu pada Gambar 4 memperlihatkan bahwa kondisi tersebut secara visual dapat dikatakan belum sesuai dengan kondisi yang terjadi di lapangan. Hal ini disebabkan kondisi lalu lintas dan perilaku berkendara di Indonesia yang memiliki kecenderungan untuk mengisi ruang kosong yang tersedia pada kondisi antrian dengan posisi berhenti yang sembarangan. Kemudian setelah dilakukan perubahan pada parameter dengan nilai pada Tabel 8 didapatkan

kondisi seperti Gambar 5 yang secara visual sudah merepresentasikan kondisi lalu lintas di lapangan.

Hasil penyesuaian tersebut kemudian dilakukan pengecekan menggunakan konsep statistik GEH untuk membandingkan hasil luaran model dengan hasil di lapangan. Mengacu pada Tabel 9 hasil penyesuaian pada parameter tersebut dapat diterima secara statistik, sehingga pada model yang telah dibentuk ini dapat dilakukan analisis lebih lanjut karena telah memenuhi kriteria validasi secara visual dan statistik.

Pengembangan skenario penanganan dan proyeksi lalu lintas

Pada proses pengembangan model simulasi ditetapkan juga pengembangan skenario-skenario untuk menilai dampak akibat kebijakan yang ditetapkan dalam proses penyusunan model simulasi. Pada penelitian ini skenario yang akan dikembangkan menjadi tiga skenario. Skenario tersebut antara lain skenario eksisting (tahun dasar penyusunan model), skenario proyeksi *do nothing* (tahun proyeksi tanpa penanganan) serta skenario proyeksi *do something* (tahun proyeksi dengan penanganan). Adapun jenis penanganan yang dilakukan mengacu pada RTRW Kota Bandung tahun 2022 yaitu pembangunan simpang tidak

sebidang *flyover*. Sedangkan tahun proyeksi yang digunakan adalah 5 dan 20 tahun setelah tahun penyusunan model atau tahun 2028 dan 2043.



Gambar 4. Visualisasi model sebelum kalibrasi



Gambar 5. Visualisasi model sesudah kalibrasi

Tabel 8. Penentuan parameter kalibrasi *driving behaviour* terpilih

No	Parameter	Satuan	Nilai dasar	Susetyo (2020)	Nilai terpilih
<i>Car Following Model</i>					
1	<i>Average Standstill Distance</i>	m	2	1,5	0,2
2	<i>Additive Part of Safety Distance</i>		3	0,7	0,3
3	<i>Multiplicative Part of Safety Distance</i>		3	2	0,4
<i>Car Following Model</i>					
4	<i>Consider Next Turning Direction</i>		No	No	Yes
5	<i>Desired Position at Free Flow</i>		Middle	Any	Any
6	<i>Min. Lateral Distance at 0 & 50 kmph</i>	m	0,2 & 1,0	0,7 & 1,0	0,1 & 0,3
PTV VISSIM – Fitur					
7	<i>Priority Rules – Minimum Clearence</i>	m	-	-	1088
8	<i>Speed Reduction Area</i>	km/jam	-	-	20

Tabel 9. Validasi panjang antrian akibat perubahan parameter kalibrasi

No.	Periode	Nurtanio			Abdul Rahman Saleh		
	Jam Puncak	Obs	S im	GEH	Obs	Sim	GEH
1	Pagi	215	177,5	2,68	115	114,1	0,08
2	Pagi	344	263,9	4,59	134	172,8	3,13
3	Pagi	389	382,5	0,33	147	155,8	0,72
4	Pagi	401	499,3	4,63	132	185,6	4,25
5	Pagi	113	109,2	0,36	283	227,0	3,51
6	Pagi	213	252,2	2,57	443	502,9	2,75
7	Sore	176	138,6	2,98	472	497,8	1,17

Keterangan : Obs = Observasi Lapangan ; Sim = Simulasi Model

Hal ini dipilih untuk menilai kondisi dampak lalu lintas akibat adanya pertumbuhan jumlah kendaraan di lapangan.

Setiap tahun jumlah kendaraan yang ada di jalan mengalami pertumbuhan lalu lintas. Langkah ini dilakukan untuk melakukan proyeksi jumlah lalu lintas pada tahun proyeksi. Proyeksi lalu lintas ini dilakukan menggunakan arus lalu lintas pada kondisi jam puncak dengan tingkat pertumbuhan 4,8% setiap tahun.

Arus lalu lintas ini digunakan sebagai *vehicle input* untuk analisis pada tahun proyeksi. Penentuan proyeksi lalu lintas pada tahun ke- n dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2, dan didapat arus pada tahun proyeksi sebagai dalam Gambar 6.

$$P_n = P_0(1 + i)^n \quad (2)$$

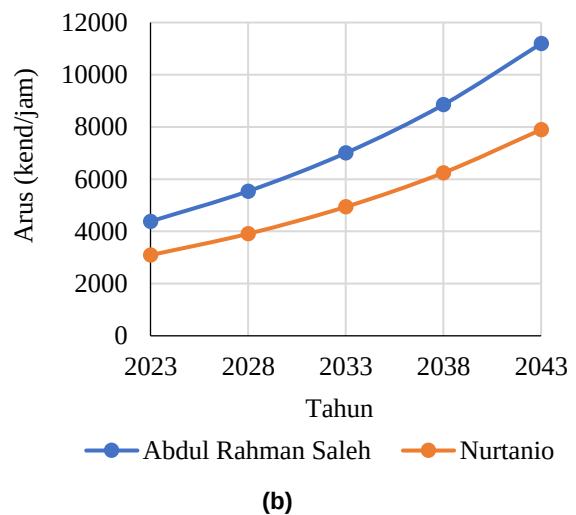
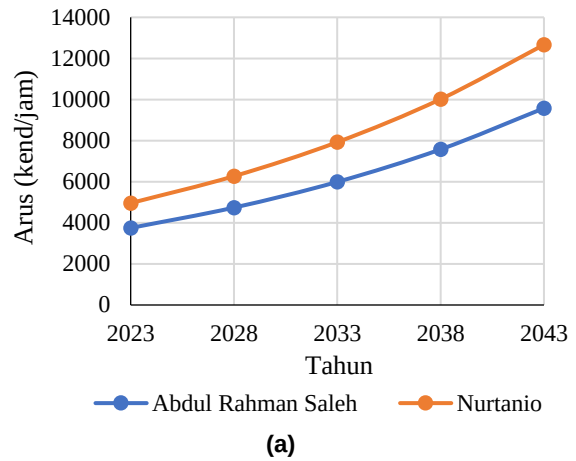
Dengan P_n adalah proyeksi lalu lintas pada tahun ke- n , P_0 adalah arus lalu lintas tahun ke-1, i adalah tingkat pertumbuhan arus lalu lintas dan n adalah tahun ke- n .

Analisis indikator kinerja lalu lintas

Indikator kinerja yang dikeluarkan dari model berupa parameter lalu lintas yang ditinjau adalah: 1) panjang antrian maksimum (*queue length max*) yaitu jarak kendaraan dari node perlintasan kereta menuju upstream link untuk setiap time interval, 2) tundaan rata-rata (*delay average*), yaitu selisih waktu tempuh kendaraan pada saat jaringan kosong (kondisi ideal) dengan kondisi simulasi. Nilai rata-rata didapatkan dari rata-rata *delay* seluruh kendaraan, 3) kinerja jaringan jalan berupa kecepatan jaringan (*network speed*). Kecepatan jaringan adalah rasio dari total panjang perjalanan dan waktu tempuh perjalanan seluruh kendaraan selama periode simulasi.

Hasil perhitungan kinerja eksisting perlintasan sebidang Jalan Abdul Rahman Saleh – Nurtanio diambil berdasarkan hasil *running* model lalu lintas pada PTV VISSIM selama 3600 detik dan *warm up period* 300 detik. Tabel 10 menampilkan kinerja lalu lintas eksisting pada jam sibuk untuk skenario

do nothing dan *do something* pada horizon tahun rencana.



Gambar 6. Proyeksi arus lalu lintas 20 tahun
(a) proyeksi arus lalu lintas pagi,
(b) proyeksi arus lalu lintas sore

Jalan Abdul Rahman Saleh dan Nurtanio termasuk dalam jalan nasional yang memiliki Standar Pelayanan Minimum (SPM) dengan tingkat pelayanan sekurang-kurangnya B. Oleh karena itu, perlu dilakukan penanganan segera agar lalu lintas pada persimpangan pada lokasi penelitian ini dapat berfungsi secara optimal.

Tabel 10. Kinerja lalu lintas eksisting dan proyeksi

Periode jam puncak	Parameter	Satuan	Eksisting	Do nothing		Do something	
			2023	2028	2043	2028	2043
Pagi	Queue Length Max	m	394.67	459	472	19	60
	Average Delay	detik/kend	156.38	292	363	41	149
	Network Speed	km/jam	14.75	9.65	8.42	25.05	15.28
Sore	Queue Length Max	m	427.57	487	677	66	280
	Average Delay	detik/kend	216.91	246	308	40	152
	Network Speed	km/jam	12.07	11.14	9.34	25.24	15.22

Permasalahan yang utama pada perlintasan yaitu adanya konflik lalu lintas dari masing-masing arah dan moda. Oleh karena itu, penanganan yang dilakukan yaitu dengan membangun simpang tidak sebidang berupa flyover untuk mencegah konflik lalu lintas, terutama konflik lalu lintas dengan perjalanan kereta api yang memiliki prioritas lebih tinggi dibanding moda jalan raya. Mengacu pada tabel 10 kinerja lalu lintas dengan penanganan di atas, dengan melakukan penanganan pada perlintasan dapat meningkatkan kinerja lalu lintas secara signifikan terutama dapat menurunkan panjang antrian dan tundaan sebesar 95,86% dan 87,29% serta dapat meningkatkan kecepatan kendaraan di jaringan hingga 159,59%. Peningkatan kinerja ini tentunya dapat memperbaiki tingkat pelayanan Jalan Abdul Rahman Saleh dan Nurtanio menjadi lebih baik sehingga arus lalu lintas dapat berjalan dengan lancar dan aman.

Kesimpulan

Berdasarkan observasi dan analisis kinerja lalu lintas perlintasan Abdul Rahman Saleh – Nurtanio menggunakan metode pemodelan mikrosimulasi PTV VISSIM didapatkan bahwa kinerja lalu lintas pada lokasi ini termasuk dalam tingkat pelayanan F karena memiliki nilai tundaan >60 detik (Peraturan Menteri Perhubungan No PM 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Dan Rekayasa Lalu Lintas, 2015). Hal ini berlaku pada kondisi eksisting hingga pada kondisi tahun eksisting dan tahun proyeksi tanpa penanganan.

Jalan Abdul Rahman Saleh dan Nurtanio merupakan jaringan jalan nasional yang memiliki persyaratan tingkat pelayanan minimum B. Oleh karena itu, perlu dilakukan adanya penanganan berupa pembangunan simpang tidak sebidang dalam bentuk flyover. Dengan melakukan penanganan dalam bentuk flyover kinerja lalu lintas meningkat secara signifikan dengan menurunkan panjang antrian dan tundaan sebesar 95,86% dan 87,29% serta dapat meningkatkan kecepatan kendaraan di jaringan hingga 159,59% sehingga dapat memperbaiki tingkat pelayanan Jalan Abdul Rahman Saleh dan Nurtanio menjadi lebih baik sehingga arus lalu lintas dapat berjalan dengan lancar dan aman di masa yang akan datang.

Daftar Pustaka

Amal, A. S. (2002). *Pengaruh Penutupan Pintu Perlintasan Kereta Api Terhadap Tundaan dan Panjang Antrian Kendaraan Pada Jalan Raya Malang-Surabaya KM. 10* [Thesis]. Universitas Diponegoro.

American Association of State Highway and Transportation Officials. (2001). *A Policy on Geometric Design of Highways and Street*.

Anisarida, A. A., & Wicaksono, I. B. (2024). Enhancing Traffic Flow and Safety at LMU Nurtanio Road Crossings - Abdul Rahman Saleh Intersection in Bandung. *Journal of Engineering Research and Reports*, 26(2).
<https://doi.org/10.9734/jerr/2024/v26i21079>

Chen, Y., & Rilett, L. R. (2013). A Model of Arterial Roadway Corridor with Multiple Intersections Near Highway-Rail Grade Crossings. *ICTIS 2013*, 367–373.
<https://doi.org/10.1061/9780784413036.051>

Efendi, C., Sebayang, N., & Nainggolan, T. H. (2020). Pengaruh Penutupan Palang Pintu Perlintasan Kereta Api Terhadap Kinerja Lalu Lintas Pada Simpang Tak Bersinyal Di Kota Malang (Studi Kasus Simpang Tak Bersinyal Jl. S. Supriadi-Jl. Satsui Tubun). *Student Journal GELAGAR*, 02(02).

Firmansyah, D., Jannah, R. M., & Puspitasari, E. (2022). Studi Penilaian Kinerja Simpang Menggunakan Metode MKJI Dan Microsimulasi PTV VISSIM (Studi Kasus: Simpang Empat Deggung, Sleman, Yogyakarta). In *Media Komunikasi Teknik Sipil* (Vol. 28, Issue 2).

Guo, F., Jiang, Z., Wang, Y., Chen, C., & Qian, Y. (2022). Dense Traffic Detection at Highway-Railroad Grade Crossings. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(9).
<https://doi.org/10.1109/TITS.2022.3140948>

Havers, G. E. (1970). *GEH Statistics*.
https://En.Wikipedia.Org/Wiki/GEH_statistic.

Li, X., & Cheng, L. (2011). Traffic Congestion Research of Road and Railway Intersections. *ICCTP 2011*, 1262–1269.

Peraturan Menteri Perhubungan No PM 36 Tahun 2011 Tentang Perpotongan dan/atau Persinggungan Antara Jalur Kereta Api Dengan Bangunan Lain (2011).

Peraturan Menteri Perhubungan No PM 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Dan Rekayasa Lalu Lintas (2015).

Pulugurtha, S. S., & Desai, A. (2007). Comparative Evaluation of Synchro and VISSIM Traffic Simulation Software to Model Railroad Crossings. In *Computing in Civil Engineering* (pp. 184–191).
[https://doi.org/10.1061/40937\(261\)23](https://doi.org/10.1061/40937(261)23)

- Said. (2004). *Kajian Persimpangan Sebidang Jalan dan Jalan Rel* [Thesis]. Institut Teknologi Bandung.
- Sari, A. F. N., & Widyastuti, H. (2021). Modeling of Queue Length at Railway Level Crossing Close to A Signalized Intersection (Case Study: Jagir Wonokromo Surabaya Railway Level Crossing). *Journal of Civil Engineering*, 36(1).
- Setiawan, D. M., Mahmudah, N., & Sully, R. H. (2020). Performance Analysis of Road Segment and Level Crossing (JPL) 340 KM 158+795 as Access to Adisutjipto International Airport of Yogyakarta. *Proceedings of the 2nd International Symposium on Transportation Studies in Developing Countries (ISTSDC 2019)*, 172–177. <https://doi.org/10.2991/aer.k.200220.036>
- Setiyaningsih, I. (2007). *Karakteristik Lalu Lintas Pada Persilangan Sebidang Jalan dan Jalan Rel* [Tesis]. Institut Teknologi Bandung.
- Susetyo, D. A. (2020). *Analisis Kinerja Lalu Lintas Pada Perlintasan Kereta Api Sebidang Dengan Mikrosimulasi* [Tesis]. Institut Teknologi Bandung.
- Tydlacka, J. M. (2004). *A Microsimulation Analysis of Highway Intersection Near Highway-Railroad Grade Crossing* [Thesis]. Texas A&M University.
- Utami, H. W. A., & Putra, M. I. (2018). Model of Queuing in the Railway Level Crossings (Case Study: Railway Level Crossings in Jemursari Surabaya). *11th Asia Pacific Transportation and the Environment Conference (APTE)*.
- Widyastuti, H., Utami, A., & Dzulfikar, Z. M. (2019). Model of Queuing in the Railway Level Crossing (case study: Imam Bonjol railway level crossing in Blitar). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 650(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/650/1/012053>
- Winarsih, N., & Nahdalina. (2017). Analisis Antrian dan Tundaan Akibat Lampu Lalu Lintas Dan Penutupan Pintu Perlintasan Kereta Api Menggunakan Metode Antrian Deterministik (Studi Kasus: Perlintasan Kereta Api Tanjung Barat Jakarta Selatan). *Jurnal Desain Konstruksi*, 16(1).
- Wooldridge, M. D., Fambro, D. B., Brewer, M. A., Engelbrecht, R. J., Harry, S. R., & Cho, H. (2001). *At-Grade Intersections Near Highway-Railroad Grade Crossing*.