

Analisis Optimalisasi Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Pendekatan Mikroskopik pada Simpang Balikpapan Baru

Priyo Wibisono^{1*}, Muhammad Hadid², Rachel Edellinna Uli Hutapea³

^{1*,2,3}Institut Teknologi Kalimantan

*Email: priyo.wibisono@lecturer.itk.ac.id

Abstract

Balikpapan Baru intersection is an intersection located in a commercial area that has high vehicle activity and often causes congestion and long queues, so it is necessary to improve the performance of the intersection. The research conducted aims to determine the level of service (LoS) in the existing conditions in the field then formulate the most effective alternative in reducing congestion and project it for traffic conditions for the next five years as a form of anticipation of an increase in the number of vehicles. The method to be used is the microscopic approach, which is an approach with individual simulations on each vehicle unit. This method is relatively new and is carried out using PTV Vissim software which can model roads/intersections in an area in detail and can provide output in the form of data and visualization in 2D and 3D. This study used alternatives in the form of cycle time settings, road geometric changes, flyover planning, a combination of cycle time settings and road geometric changes, and a combination of cycle time settings and flyover planning. For existing conditions, the intersection delay is 75.26 seconds which is classified as level of service (LoS) F (very bad). While the results of the application of alternatives to modeling in 2024 and projections for the next five years obtained the most optimal alternative in the form of flyover planning with a decrease of 18%. It can be concluded that flyover is the most effective alternative to handle congestion problem at Balikpapan Baru Intersection. However, in the planning, preparation is needed as well as large costs, so it needs to be carefully considered to realize the alternative.

Keywords: Congestion, signalized intersections, microscopic approach

Abstrak

Simpang Balikpapan Baru merupakan simpang yang berada di kawasan komersial yang memiliki aktivitas kendaraan tinggi dan sering menimbulkan kemacetan serta antrian panjang, sehingga diperlukan adanya penanganan untuk meningkatkan kinerja simpang tersebut. Penelitian yang dilakukan memiliki tujuan untuk mengetahui tingkat pelayanan (LoS) pada kondisi eksisting di lapangan kemudian merumuskan alternatif yang paling efektif dalam mengurangi kemacetan dan memproyeksikannya untuk keadaan lalu lintas selama lima tahun ke depan sebagai bentuk antisipasi peningkatan jumlah kendaraan. Metode yang akan digunakan adalah pendekatan mikroskopik, yaitu pendekatan dengan simulasi individual pada tiap satuan unit kendaraan. Metode ini tergolong masih baru dan dilakukan menggunakan *software* PTV Vissim yang dapat memodelkan jalan/persimpangan pada suatu kawasan secara detail serta dapat memberikan *output* berupa data serta visualisasi dalam bentuk 2D maupun 3D. Pada penelitian ini digunakan alternatif berupa pengaturan waktu siklus, perubahan geometrik jalan, perencanaan *flyover*, kombinasi antara pengaturan waktu siklus dan perubahan geometrik jalan, serta kombinasi antara pengaturan waktu siklus dan perencanaan *flyover*. Untuk kondisi eksisting didapatkan tundaan simpang sebesar 75,26 detik yang tergolong ke dalam tingkat pelayanan (LoS) F (sangat buruk). Sedangkan hasil penerapan alternatif pada pemodelan tahun 2024 dan proyeksi lima tahun ke depan didapatkan alternatif paling optimum berupa perencanaan *flyover* dengan penurunan sebesar 18%. Dapat disimpulkan bahwa *flyover* menjadi alternatif paling efektif untuk menangani permasalahan kemacetan di Simpang Balikpapan Baru. Namun dalam perencanaannya, diperlukan persiapan serta biaya yang besar, sehingga perlu dipertimbangkan secara matang untuk merealisasikan alternatif tersebut.

Kata kunci: Kemacetan, Simpang Bersinyal, Pendekatan Mikroskopik

1. Pendahuluan

Simpang Balikpapan Baru memiliki empat lengan yang terdiri atas Jl. MT Haryono (lengan Utara dan Selatan), Jl. Tjutjup Suparna (lengan Barat) dan Jl. Ruhui Rahayu (lengan Timur). Kemacetan sering terjadi pada Jl. MT Haryono dan Jl. Tjutjup Suparna. Melalui pengamatan yang dilakukan pada tanggal 24 November 2023 pada *peak hour* (jam sibuk) sore, yaitu pukul 16.00 – 15.00 WITA, antrian pada Jl. Tjutjup Suparna (Barat) dapat mencapai 116 meter, pada Jl. MT Haryono (Utara) mencapai 380 meter, pada Jl. Ruhui Rahayu (Timur) mencapai 60,25 meter dan pada Jl. MT Haryono (Selatan) mencapai 103 meter. Kemacetan merupakan suatu kondisi tersendatnya atau bahkan terhentnya lalu lintas yang disebabkan oleh banyaknya jumlah kendaraan melebihi kapasitas jalan [1].

Analisis yang dapat dilakukan untuk kemacetan di wilayah perkotaan adalah menggunakan metode pendekatan mikroskopik, dimana tiap kesatuan (mobil, motor, orang, dll.) akan disimulasikan secara individual [2]. Pendekatan mikroskopik akan lebih efektif dibandingkan pendekatan makroskopik yang mengasumsikan aliran lalu lintas seperti aliran fluida dengan kecepatan seragam yang kurang sesuai dengan keadaan eksisting, yaitu semakin beragamnya jenis kendaraan bermotor disertai pertumbuhannya yang tinggi [3]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Wijaya dan Susilo di Manado didapati penurunan tundaan oleh perubahan waktu siklus sebesar 18,8%, sedangkan penelitian oleh Yulianto dkk. di Bandung didapatkan penurunan tundaan sebesar 32% [4][5].

Penelitian lainnya oleh Wikayanti dkk. menggunakan kombinasi alternatif antara pengaturan waktu siklus dan pelebaran jalan di Kota Pontianak, berhasil menurunkan tundaan hingga 69,2% [6]. Sedangkan pada penelitian Semiun dkk. alternatif berupa pelebaran jalan di Kota Malang hanya menurunkan panjang antrian sebesar 35,3% [7]. Kemudian pada penelitian yang dilakukan oleh Nugroho dan Dwiatmaja di Kota Semarang menerapkan kombinasi alternatif yang mencakup perubahan

geometrik jalan dan rekayasa lalu lintas berupa pengalihan jalur kendaraan roda 2 dan berhasil menurunkan panjang antrian hingga 85,9% [8].

Alternatif rekayasa lalu lintas juga diterapkan pada penelitian yang dilakukan oleh Mellyarti dan Zulkifli di Kota Makassar, rekayasa yang dilakukan meliputi penutupan jembatan dan perencanaan APILL, yang berhasil meningkatkan waktu tempuh sebesar 47,68% - 57,40% [9]. Sedangkan alternatif rekayasa lalu lintas yang diterapkan dalam penelitian Haniifah dan Lestarini di Kota Magelang hanya mampu menurunkan tundaan sebesar 48,2% [10]. Kemudian untuk alternatif berupa pembangunan *flyover* diterapkan pada penelitian oleh Surahman dan Susilo di Kota Jakarta; Santoso dkk. di Magelang; dan Sarwono di Riau dapat menurunkan tundaan secara berturut-turut sebesar 87,4%; 64%; dan 4% [11][12][13].

Pada penelitian yang dilakukan, beberapa alternatif dan kombinasi yang akan diterapkan diantaranya: pengaturan waktu siklus; perubahan geometrik jalan (pelebaran jalan); perencanaan *flyover*; kombinasi antara pengaturan waktu siklus dan perubahan geometrik jalan; dan kombinasi antara pengaturan waktu siklus dan perencanaan *flyover*. Alternatif berupa waktu siklus diambil sebagai alternatif paling memungkinkan untuk dilakukan dan menjadi pilihan utama karena tidak akan banyak mengganggu kondisi lalu lintas serta kawasan sekitar simpang, sedangkan alternatif berupa pelebaran jalan serta perencanaan *flyover* diambil karena memiliki angka penurunan tundaan yang tinggi berdasarkan penelitian yang dilakukan di kota-kota lain sebelumnya dan kombinasi di antara alternatif-alternatif tersebut diambil untuk meningkatkan angka penurunan tundaan bagi simpang.

Software yang akan digunakan pada analisis setiap alternatif adalah PTV Vissim. PTV Vissim merupakan *software* multimoda yang digunakan untuk melakukan simulasi mikroskopik terhadap kondisi aliran lalu lintas [14]. Selain itu PTV Vissim juga dapat memodelkan alternatif serta menampilkan hasil

berupa data dan visual 2D maupun 3D [15]. Pada Vissim akan dilakukan kalibrasi agar hasilnya sesuai dengan kondisi eksisting sehingga hasil dari setiap pemodelan valid [16]. Kemudian dilakukan juga proyeksi 5 tahun ke depan untuk mengetahui efektivitas setiap alternatif di masa mendatang. Jangka waktu 5 tahun tergolong ke dalam jangka waktu pendek dan diambil sebagai sebuah skenario pesimis, dimana akan dilakukan suatu upaya dengan kemungkinan peningkatan kinerja sebesar 25% dari keadaan eksisting [17].

Perencanaan jalan provinsi dalam waktu 5 tahun juga dinilai cukup memadai untuk digunakan sebagai acuan penyusunan rencana kerja tahunan [18]. Penelitian ini secara tidak langsung akan memberikan manfaat berupa berkurangnya gas buang kendaraan dan zat-zat berbahaya yang ditimbulkan berupa: *sulfur* (SOx) dan partikulat debu termasuk *timbel* (PB) [19]. Selain itu terdapat juga kandungan *karbonmonoksida* (CO), *hidrokarbon* (HC) dan berbagai oksida nitrogen (Nox) [20].

2. Metode Penelitian

2.1. Pengumpulan Data

A. Volume Kendaraan

Survey volume kendaraan dilakukan berdasarkan ketentuan dalam Pedoman Survey Pengumpulan Data Kondisi Jaringan Jalan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) [21]. Data volume didapatkan melalui survey primer yang dilakukan pada Sabtu, 11 November 2023 pada pukul 06.00-20.30 WITA (*weekend*) dan Selasa, 14 November 2023 pada pukul 06.00-20.30 WITA (*weekday*). Survey dilakukan selama $\pm 14,5$ jam pada hari biasa dan hari pekan. Sedangkan untuk jalan-jalan masuk ke perumahan dilakukan pada 7-8 Maret 2024 (*weekday*) dan Sabtu, 9 Maret 2024 (*weekend*) pada pukul 07.00-09.00, 12.00-14.00 dan 16.00-19.00 WITA.

Survey dilakukan selama ± 7 jam pada hari biasa dan hari pekan. Durasi dan waktu pengambilan data tersebut dipilih karena dapat mewakili volume kendaraan dalam satu hari baik pada *weekday* maupun *weekend*.

Perhitungan dilakukan dengan menghitung jumlah kendaraan pada suatu rute yang dikelompokkan per 15 menit. Diperlukan 16 surveyor dengan pembagian: 4 surveyor pada simpang utama (1 surveyor di tiap lengan), 8 surveyor untuk jalan masuk ke perumahan yang berbentuk simpang empat (3 di tiap simpang), 4 surveyor untuk jalan masuk ke perumahan yang berbentuk simpang tiga (1 atau 2 surveyor di tiap simpang).

B. Kecepatan Kendaraan

Survey kecepatan kendaraan dilakukan menurut ketentuan yang terdapat dalam Panduan Survey dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu Lintas yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga [22]. Digunakan metode *spot speed* (kecepatan setempat), dimana surveyor melakukan penghitungan waktu yang diperlukan oleh suatu kendaraan untuk melewati rentang jarak tertentu di suatu ruas.

Pada penelitian ini, digunakan rentang jarak 50 meter dengan jarak dari APILL sebesar ± 100 meter. Survey dilakukan pada tanggal 1-2 Maret 2024 dan 4-5 Mei pada pukul 16.00-18.00 WITA (*peak hour*). Survey dilakukan selama ± 2 jam pada jam puncak (*peak hour*), dengan pertimbangan, durasi pengambilan data tersebut dapat mewakili jam-jam lainnya yang tidak termasuk ke dalam jam puncak dan memiliki volume kendaraan yang lebih rendah. Diperlukan 2 surveyor untuk survey ini (1 sebagai pencatat dan 1 sebagai pemegang *stopwatch*).

C. Geometrik Jalan

Survey terhadap geometrik jalan dilakukan secara manual menggunakan meteran dan dilakukan juga perbandingan menggunakan pengukuran pada Google Earth. Pengambilan data dilakukan pada Rabu, 6 Desember 2023 pada pukul 23.30-24.30 WITA.

D. Data Sekunder

Data sekunder berupa peta lokasi didapatkan melalui *Google Earth*, waktu siklus didapatkan melalui data yang dimiliki oleh Dinas Perhubungan Kota Balikpapan dan data

pertumbuhan jumlah kendaraan didapatkan melalui *website* Badan Pusat Statistik Kalimantan Timur.

2.2. Pendekatan Mikroskopik

Berdasarkan tingkat ketelitiannya, pemodelan arus lalu lintas dapat dibedakan menjadi skala mikroskopik, mesoskopik dan makroskopik. Setiap pendekatan memiliki kelemahan dan kelebihan masing-masing yang disesuaikan dengan tujuan yang ingin dicapai dari setiap skala pemodelan tersebut [23]. Pada penelitian ini digunakan pemodelan mikroskopik yang akan memodelkan simpang dengan ruang lingkup yang kecil (terbatas pada satu simpang saja) sehingga dapat memodelkan perilaku setiap pergerakan kendaraan dengan lebih detail [23].

2.3. Pemodelan Lalu Lintas

A. PTV Vissim

PTV Vissim merupakan program bantu yang digunakan untuk melakukan analisa dan simulasi lalu lintas multi-modal mikroskopik, transportasi umum dan pejalan kaki, yang dikembangkan oleh PTV Planung Transport Verkehr AG di Karlsruhe, Jerman. Vissim telah digunakan untuk menganalisis jaringan-jaringan jalan dengan segala jenis ukuran jarak persimpangan individual hingga keseluruhan daerah metropolitan [2].

B. Kalibrasi dan Validasi

Kalibrasi merupakan proses menyesuaikan parameter untuk mendapatkan kesesuaian antara nilai simulasi dan data yang diamati, sedangkan validasi adalah penentuan apakah secara konseptual model simulasi dapat mempresentasikan pemodelan secara akurat [24]. Proses kalibrasi dilakukan pada software PTV Vissim setelah menginput data yang diperlukan [16]. Pada VISSIM dapat diatur sifat perilaku pengemudi dengan menentukan parameter-parameter meliputi: Car following model and following behavior (model pembuntutan kendaraan dan perilaku pembuntutan), Lane change behavior (perilaku berpindah lajur) dan Lateral (perilaku menjaga jarak antar kendaraan saat bergerak ke/di sisi

samping). Kalibrasi dilakukan hingga mencapai hasil yang mendekati data observasi [16].

Hasil kalibrasi kemudian akan divalidasi menggunakan metode GEH (Geoffrey E. Havers) yang merupakan rumus statistik modifikasi dari Chi-squared dengan menggabungkan perbedaan antara nilai relatif dan mutlak [16]. Persamaan yang digunakan dalam metode GEH serta standar perhitungan ditunjukkan secara berturut-turut pada Persamaan (1) dan Tabel 1 [16].

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

Dimana:

q_{sim} = data volume kendaraan berdasarkan hasil simulasi (kend/jam)

q_{obs} = data volume kendaraan berdasarkan hasil observasi (kend/jam)

Tabel 1. Standar Perhitungan Persamaan GEH

Parameter	Kesimpulan
$GEH < 5,0$	Diterima
$5,0 < GEH \leq 10,0$	Peringatan: kemungkinan model <i>error</i> atau data buruk
$GEH > 10,0$	Ditolak

Sumber: The 18th FSTPT International Symposium [16]

2.4. Peramalan Jumlah Kendaraan

Peramalan yang dilakukan menggunakan metode regresi sederhana. Peramalan akan dilakukan menggunakan *tools Data Analysis* pada Microsoft Excel. Setelah mendapatkan hasil regresi, dilakukan analisis perhitungan terhadap peramalan jumlah kendaraan yang diinginkan dan digunakan analisis berdasarkan satu variabel prediktor [25]. Berikut merupakan persamaan yang digunakan, ditunjukkan oleh Persamaan (2) [25].

$$\hat{Y} = a + bX \quad (2)$$

Dimana:

a = Intercept

b = X Variable 1

X = Tahun ke-n

Selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap nilai MAPE (*Mean Absolute Percent Error*) yaitu perhitungan untuk mengetahui rata-rata presentase kesalahan mutlak dan memastikan apakah hasil perhitungan akurat [26]. Rumus yang digunakan serta range penerimaan MAPE secara berturut-turut ditunjukkan oleh Persamaan (3) dan Tabel 2 [26].

$$MAPE = \sum \left(\frac{|Aktual - Forecast|}{Aktual} \right) * \frac{100}{n} \quad (3)$$

Dimana:

Aktual = Data asli

Forecast = Data hasil peramalan

n = Jumlah periode

Tabel 2. Range MAPE

Range	Keterangan
<10%	Sangat Baik
10-20%	Baik
21-50%	Layak
>50%	Buruk

Sumber: Jurnal Sistem Dan Informatika [24]

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data yang telah didapatkan, kemudian dilakukan pemodelan terhadap kondisi eksisting. Setelah melakukan input semua data dan dilakukan *running*, maka didapati bahwa volume kendaraan yang dihasilkan oleh *running* pemodelan tidak sesuai dengan data volume kendaraan hasil survey di lapangan. Untuk itu perlu dilakukan kalibrasi dengan komponen dan parameter yang ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 3. Kalibrasi Pemodelan

Parameter	Komponen	Nilai	
		Default	Kali-brasi
Following	Look ahead distance (max)	250 m	100 m
	Look back distance (max)	150 m	100 m
	Standstill distance for static obs.	0.5 m	0.01 m
Car following model	Average standstill distance	2 m	0,15 m
	Additive part of safety distance	2 m	0,15 m

Parameter	Komponen	Nilai	
		Default	Kali-brasi
Lane change	Multiplic. Part of safety distance	3 m	0,4 m
	Waiting time before diffusion	60 detik	180 detik
	Min. clearance (front/rear)	0,5 m	0,2 m
	Safety distance reduction factor	0,6	0,2
	Cooperative lane change	Off	On
Lateral	Desired position at free flow	Middle of lane	Any
	Diamond queueing	Off	On
	Consider next turn	Off	On
	Collision time gain	2 detik	0,5 detik
	Min. longitudinal speed	1 km/jam	0 km/jam
	Overtake on same lane (left and right)	Off	On
	Distance standing	0,2 m	0,1 m
	Distance driving	1 m	0,3 m

Untuk mengetahui apakah hasil kalibrasi tersebut dapat diterima, dilakukan validasi menggunakan uji GEH dengan Persamaan (1) [16]. Tabel 4 menunjukkan hasil uji GEH yang dibandingkan dengan input data eksisting.

Tabel 4. Validasi Uji GEH dan Perbandingan Volume

Lengan	Volume		Seli-sih	GEH	Ket.
	Eksi-sting	Pemo-delan			
Utara	2900	2932	32	0,73 33	Diteri-ma
Timur	3715	3691	-24	0,95 49	Diteri-ma
Selatan	2701	2604	-97	1,90 05	Diteri-ma
Barat	3840	3561	-279	4,59 44	Diteri-ma

Berdasarkan Tabel 4, dapat disimpulkan bahwa jumlah kendaraan antara data yang dimasukkan dengan data hasil simulasi dapat diterima oleh uji GEH, sehingga pengaturan kalibrasi *driving behavior* dapat digunakan. Setelah menyelesaikan kalibrasi, kemudian pemodelan akan di-*running* untuk mendapatkan hasil berupa panjang antrian, waktu tempuh, tundaan ruas, tundaan simpang dan tingkat pelayanan simpang. Tabel 5

menunjukkan kinerja simpang yang didapatkan pada kondisi eksisting.

Tabel 5. Tingkat Pelayanan (*Level of Service*)
Pemodelan Eksisting

Lengan	Panjang Antrian (m)	Waktu Tempuh (det)	Tundaan (det)	Tundaan Simpang (det)	L O S
Utara	388,65	57,82	51,95	75,26	F
Timur	44,55	5,78	0,92		
Selatan	196,24	17,80	21,15		
Barat	362,96	33,59	31,36		

Dari *running* tersebut, didapatkan hasil tundaan pada simpang sebesar 75,26 detik dan tingkat pelayanannya tergolong ke dalam tingkat F yang menandakan kondisi eksisting sudah sangat buruk (*poor*). Berdasarkan Peraturan Menteri No. 96, tingkat pelayanan F menandakan terjadinya arus tertahan dan terjadi antrian panjang dengan kecepatan kurang dari 30 kilometer per jam; terjadi kemacetan untuk durasi cukup lama; dan dalam keadaan antrian, kecepatan maupun volume turun sampai 0 kilometer per jam [27].

Oleh karena itu diperlukan penanganan pada kondisi tersebut dengan melakukan penerapan alternatif pada pemodelan eksisting. Alternatif-alternatif tersebut dipilih berdasarkan literatur berupa penelitian-penelitian terdahulu. Adapun alternatif-alternatif yang akan dipakai meliputi: (1) pengaturan waktu siklus; (2) perubahan geometrik jalan; (3) perencanaan *flyover*; (4) pengaturan waktu siklus dan perubahan geometrik jalan; dan (5) pengaturan waktu siklus dan perencanaan *flyover*. Tabel 6 menunjukkan hasil tundaan simpang setelah menerapkan kelima alternatif tersebut pada pemodelan eksisting, ditunjukkan oleh.

Tabel 6. Perbandingan Tundaan Simpang Setiap Alternatif

Ket.	Alternatif				
	1	2	3	4	5
Tundaan (det)	77,19	67,90	65,32	68,87	63,35
Penurunan	3%	-10%	-13%	-8%	-16%

Dari hasil penerapan setiap alternatif pada pemodelan eksisting, maka didapatkan penurunan tundaan tertinggi dihasilkan oleh alternatif 5 yaitu pengaturan waktu siklus dan perencanaan *flyover*, yang berhasil menurunkan tundaan sebesar 16% dari nilai awal sebesar 75,26 detik menjadi 63,35 detik. Selanjutnya, dilakukan juga proyeksi terhadap penerapan setiap alternatif tersebut untuk jangka waktu lima tahun ke depan. Terlebih dahulu dilakukan peramalan volume kendaraan pada Simpang Balikpapan Baru menggunakan *tools* regresi linier sederhana pada Microsoft Excel, Persamaan (2) dan Persamaan (3) [24][25]. Tabel 7 menunjukkan hasil regresi linear serta hasil perhitungan.

Tabel 7. Hasil *Forecasting* dan MAPE

No.	Tahun	Y	Y [^]	MAPE
1	2015	533380	506928,25	0,04959
2	2016	553528	540667,5714	0,0232
3	2017	572976	574406,8929	0,0024
4	2018	598249	608146,2143	0,01654
5	2019	617962	641885,5357	0,0387
6	2020	634243	675624,8571	0,0652
7	2021	648317	709364,1786	0,0941
8	2022	841472	743103,5	0,1169
9	2023		776842,8214	
10	2024		810582,1429	
11	2025		844321,4643	
12	2026		878060,7857	
13	2027		911800,1071	
14	2028		945539,4286	
15	2029		979278,75	
Rata - Rata				0,050861238

Volume kendaraan yang telah didapatkan melalui peramalan kemudian di-input ke dalam pemodelan dan dilakukan penerapan kelima alternatif untuk menurunkan tundaan pada simpang selama lima tahun ke depan. Tabel 8 menunjukkan hasil penerapan alternatif pada proyeksi lima tahun ke depan.

Tabel 8. Ringkasan Penurunan Hasil Seluruh Pemodelan

Tahun	Alternatif	Tundaan Ruas (det)	Tundaan Simpang (det)	Tingkat Pelayanan
2	-	26,34	77,16	F

Tahun	Alter-natif	Tundaan Ruas (det)	Tundaan Simpang (det)	Tingkat Pelayanan
	1	1%	2%	F
	2	-25%	-12%	F
	3	-34%	-18%	F
	4	-27%	0%	F
	5	-25%	-15%	F
	-	28,95	81,35	F
2026	1	3%	2%	F
	2	-32%	-9%	F
	3	-30%	-21%	F
	4	-27%	6%	F
	5	-22%	-14%	F
	-	30,79	78,77	F
2027	1	8%	8%	F
	2	-26%	3%	F
	3	-28%	-14%	F
	4	-21%	12%	F
	5	-18%	-9%	F
	-	32,97	83,02	F
2028	1	12%	6%	F
	2	-22%	4%	F
	3	-27%	-14%	F
	4	-7%	11%	F
	5	-13%	-11%	F
	-	35,61	85,44	F
2029	1	10%	3%	F
	2	-12%	4%	F
	3	-27%	-12%	F
	4	0%	8%	F
	5	-15%	-13%	F

Dari penerapan kelima alternatif tersebut, hasil paling optimum didapati pada alternatif 3 (perencanaan *flyover*). Alternatif 3 dipilih sebagai alternatif paling optimum karena memiliki persentase penurunan tundaan yang paling tinggi selama lima tahun ke depan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Surahman dan Susilo di Kota Jakarta, serta Santoso dkk. di Magelang, alternatif berupa perencanaan *flyover* juga merupakan alternatif dengan tingkat penurunan tundaan tertinggi secara berturut-turut mencapai 87,4% dan 64%; hal tersebut membuktikan bahwa perencanaan *flyover* merupakan alternatif yang efektif dalam meningkatkan penurunan tundaan pada simpang [11][12].

Penurunan tundaan simpang tertinggi terjadi pada tahun 2025 dengan penurunan sebesar 18% dan nilai tundaan simpang sebesar 63,40 detik serta masih tergolong ke dalam tingkat F. Berdasarkan kutipan yang didapatkan melalui laman *website* Kementerian PUPR, perkiraan biaya untuk membangun *flyover* dengan panjang kurang lebih 700 meter bisa memakan biaya hingga 280 Milyar Rupiah [28].

Selain itu, rata-rata pembangunan *flyover* dapat menghabiskan waktu hingga 1-3 tahun dan akan memberikan pengaruh bagi kawasan di sekitar pembangunan *flyover* tersebut. Menimbang hasil penurunan tundaan yang diberikan oleh alternatif ini masih cukup kecil dan belum bisa menaikkan tingkat pelayanan simpang maupun ruas secara keseluruhan, pembangunan *flyover* sepertinya belum memungkinkan untuk direalisasikan, terutama pada kondisi eksisting tahun 2024.

Diperlukan analisis dan perencanaan terhadap spesifikasi, biaya, metode pengerjaan, bahkan dampak yang akan diberikan, terutama bagi kawasan komersial, perkantoran dan perumahan di sekitar simpang. Alternatif ini diharapkan menjadi kombinasi yang dapat dipadukan dengan alternatif-alternatif lainnya yang lebih praktis untuk direalisasikan seperti rekayasa lalu lintas.

4. Kesimpulan

Tingkat pelayanan atau *Level of Service* (LoS) kondisi eksisting berdasarkan hasil simulasi memiliki nilai tundaan simpang sebesar 75,26 detik. Nilai tundaan tersebut sangat besar dan tergolong ke dalam tingkat F (sangat buruk). Untuk 5 tahun ke depan, penanganan kinerja ruas jalan pada Simpang Balikpapan Baru yang paling optimal adalah alternatif 3 berupa perencanaan *flyover*. Alternatif ini menjadi alternatif paling optimum karena dapat memberikan penurunan paling maksimal selama 5 tahun ke depan. Penurunan tundaan tertinggi didapati pada tahun 2025 dengan alternatif 3 sebesar 63,40 detik dari kondisi eksisting sebesar 77,16 detik (turun sebesar 18%).

5. Saran

Beberapa alternatif yang bisa menjadi saran bagi penelitian selanjutnya adalah mengkombinasikan alternatif berupa perubahan geometrik jalan dan perencanaan *flyover*; merancang alternatif berupa perubahan rute melalui jalan perumahan/ruko; dan rekayasa lalu lintas terhadap *u-turn* seperti larangan belok ke arah tertentu. Pemodelan sebaiknya sejak awal dilakukan di aplikasi dengan *license* resmi untuk menghindari perbedaan kemampuan *running* dan perbedaan ketersediaan komponen pemodelan.

6. Daftar Pustaka

- [1] Z. Sembiring, "Fuzzy Linier Programming Untuk Pemilihan Jenis Kendaraan Dalam Mengantisipasi Kemacetan Lalu Lintas di Kota Medan," *Jurnal Teknovasi*, vol. 4, 2017.
- [2] R. D. Aryandi and A. Munawar, "Penggunaan *Software* Vissim untuk Analisis Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta)," *The 17th FSTPT International Symposium*, pp. 338–347, 2014.
- [3] M. Hadid and A. Putri, "Pengaruh Hambatan Samping terhadap Kapasitas Dasar Jalan Perkotaan Kota Balikpapan dengan Pendekatan Simulasi Mikroskopik," *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, vol. 19, no. 1, pp. 65–72, 2021.
- [4] H. Wijaya and H. Susilo, "Evaluasi Kinerja Operasi Simpang pada Jalan Pasir Kaliki Menggunakan *Software* Vissim," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 16, no. 2, pp. 134–192, 2020.
- [5] B. Yulianto, Setiono, and F. Alissaditamdyta, "Analisis Kinerja Simpang Empat Nonongan dengan Penggunaan Waktu Sinyal *Double Cycle* pada Penerapan *Contra Flow Bus Lane*," *Matriks Teknik Sipil*, vol. 10, no. 1, pp. 8–13, 2022.
- [6] N. Wikayanti, H. Azwansyah, and S. Nurlaili Kadarini, "Penggunaan *Software* Vissim Untuk Analisis Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Sultan Hamid II – Jalan Gusti Situt Mahmud – Jalan 28 Oktober – Jalan Selat Panjang)," *Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil Dan Tambang (JeLAST)*, vol. 5, no. 3, pp. 1–11, 2018.
- [7] R. Semiun, N. Sebayang, and T. Nainggolan, "Evaluasi Kinerja Dua Simpang Bersinyal Berdekatan Menggunakan Program PTV Vissim 11 (Studi Kasus: Simpang Jalan Sulfat dan Simpang Jalan Ciliwung)," *Jurnal Gelagar*, vol. 3, no. 1, pp. 35–45, 2021.
- [8] U. Nugroho and G. C. Dwiatmaja, "Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Bantuan Perangkat Lunak Vissim Student Version (Studi Kasus: Simpang Sompok, Candisari, Semarang)," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 16, 2020.
- [9] Mellyarti and Zulkifli, "Rekayasa Lalu Lintas Pada Kawasan Simpang Jl. Lingkar Tengah – Jl. Dr. Leimena Di Kota Makassar," *Journal of Advanced Civil and Environmental Engineering (JACEE)*, vol. 1, no. 1, pp. 9–22, 2021.
- [10] Haniifah and W. Lestarini, "Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal Jl. Magelang-Salaman Menggunakan *Software* PTV Vissim," *Jurnal Teras*, vol. 12, no. 3, pp. 1–8, 2022.
- [11] S. J. Santoso, E. Puspitasari, and M. Amin, "Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal di Simpang Artos Magelang dari Aspek Lalu Lintas," *Reviews in Civil Engineering*, vol. 5, no. 2, pp. 61–66, 2021.
- [12] Sarwono, "Kajian Perencanaan Peran Flyover Soekarno Hatta - Tuanku Tambusai Pekanbaru Dalam Mengatasi Kemacetan Arus Lalu Lintas", Universitas Islam Riau, 2020.
- [13] G. Surahman and H. Susilo, "Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Untuk Menunjang Penerapan *Eco-Driving*," *Jurnal Forum Mekanika*, vol. 10, no. 2, pp. 70–81, 2021.
- [14] M. Prayitno, "Pengaturan Simpang Bersinyal di Area *Contra Flow Bus Lane* Kota Surakarta Menggunakan Program Simulasi PTV Vissim," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2022*, pp. 111–1115, 2022.
- [15] A. Setiawan, H. E. Prasetyo, I. S. Soerjatmodjo, S. Novriani, A. Nusantara, A. Yulia, & P. G. Himawan, "Perbandingan Kecepatan Pada Bundaran Dengan Menggunakan PTV VISSIM," *Konstruksia*, vol. 15, no. 1, pp. 169, 2023.
- [16] N. H. Putri and M. Z. Irawan, "Mikrosimulasi *Mixed Traffic* pada Simpang Bersinyal Dengan Perangkat Lunak Vissim (Studi Kasus: Simpang Tugu, Yogyakarta)," *The 18th FSTPT International Symposium*, pp. 1–10, 2015.
- [17] P. Meliza, W. Novalina, and R. Sulistyorini, "Analisis Jaringan Ruas Jalan Menuju Pintu Masuk Utama Kampus Itera Sebagai Upaya

- Mengantisipasi Peningkatan Lalu Lintas Kendaraan Akibat Dibukanya Tol Trans Sumatera (Studi Kasus: Jalan Terusan Ryacudu)," *Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi Antar PT Ke-21*, pp. 1587–1600, 2018.
- [18] Republik Indonesia. Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan.
- [19] L. Haruna, F. Amir, and A. Asrib, "Pencemaran Udara Akibat Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Dampaknya Terhadap Kesehatan," *UNM Environmental Journals*, vol. 2, no. 2, pp. 57–61, 2019.
- [20] A. Mokhtar, "Catalytic Converter Jenis Katalis Plat Tembaga Berbentuk Sarang Lebah Untuk Mengurangi Emisi Kendaraan Bermotor," *Jurnal Gamma*, pp. 104–108, 2014.
- [21] Direktorat Jenderal Bina Marga. Pedoman Survey Pengumpulan Data Kondisi Jaringan Jalan. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2021.
- [22] Direktorat Pembinaan Jalan Kota. No. 001/T/BNKT/1990. Panduan Survey dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu Lintas. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1990.
- [23] R. Mardiaty, "Studi Tentang Pemodelan Arus Lalu Lintas," *Journal of Sunan Gunung Djati State Islamic University (UIN)*, vol. 8, no. 2, pp. 177–198, 2014.
- [24] S. H. Pradipta, B. Yulianto, and Setiono, "Analisis Kinerja Simpang Gendongan Surakarta Menggunakan Program Simulasi PTV Vissim," *Matriks Teknik Sipil*, vol. 9, no. 4, pp. 232–238, 2021.
- [25] Hartono, *Metodologi Penelitian*. Pekanbaru: Zanaf Publishing, 2019.
- [26] M. A. Maricar, "Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average dan Exponential Smoothing untuk Sistem Peramalan Pendapatan pada Perusahaan XYZ," *Jurnal Sistem Dan Informatika*, pp. 36–45, 2019.
- [27] Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia. No. PM 96. Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas. Jakarta: Menteri Perhubungan Republik Indonesia. 2015.
- [28] Direktorat Jenderal Bina Marga, "Bina Marga Kaji Ulang Peningkatan Infrastruktur Simpang Gatot Subroto", Internet: <https://binamarga.pu.go.id/index.php/berita/bina-marga-kaji-ulang-peningkatan-infrastruktur-simpang-gatot-subroto> [Diakses: 30 Juli 2024]