

## Pengaruh Pelanggaran Marka Jalan Terhadap Kinerja Simpang Bersinyal

Raafi Widyaputra Yulianyaha<sup>1,\*</sup>

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan<sup>1</sup>

Koresponden\*, Email: [raafi.widyaputra@lecturer.itk.ac.id](mailto:raafi.widyaputra@lecturer.itk.ac.id) ; [raafiwip@gmail.com](mailto:raafiwip@gmail.com)

Info Artikel	Abstract
Diajukan Diperbaiki Disetujui	9 Februari 2021 16 Maret 2021 19 Maret 2021
	<p><i>High delays and length of queues can result in violations of road markings to take the initial time of green traffic signals regardless of the marker line's rules at the intersection. This study distinguishes between intersections that do not have a median of roads in Gayam Intersection and intersections with a median of roads in the Wirobrajan Intersection. Violation of road markings became the purpose of research on how it affects Gayam and Wirobrajan Intersections' performance. This research method uses traffic microsimulation with Vissim to obtain an analysis of intersection performance in the form of delays and queue length due to road marking violations. Primary data is collected by conducting a direct survey to obtain the volume of existing conditions of the peak hour period, which will be a reference for intersection performance analysis. From the analysis of the delay performance between Gayam and Wirobrajan Intersections, there was a time difference in the south arm of 51.52 seconds, the west arm of 16.54 seconds, and the north arm of 107.14 seconds, the east arm 72.66 seconds. Then from the analysis of the length of the queue between Gayam and Wirobrajan Intersections, obtained the difference in the length of the queue in the south arm of 19.25 meters, the west arm 55.34 meters, the north arm 34.60 meters, the east arm 16.30 meters.</i></p>

Keywords: Road Markings Violations, Signalized Intersection Performance, Vissim Microsimulation

### Abstrak

Tingginya tundaan dan panjang antrian dapat mengakibatkan pelanggaran marka jalan untuk mengambil waktu awal hijau sinyal lalu lintas tanpa menghiraukan peraturan garis marka di simpang. Penelitian ini membedakan antara simpang tidak mempunyai median jalan di Simpang Gayam dan simpang mempunyai median jalan di Simpang Wirobrajan. Pelanggaran marka jalan yang menjadi tujuan penelitian tentang bagaimana pengaruhnya terhadap kinerja Simpang Gayam dan Simpang Wirobrajan tersebut. Metode penelitian ini menggunakan mikrosimulasi lalu lintas dengan *Vissim* untuk didapatkan analisis kinerja simpang yang berupa tundaan dan panjang antrian akibat pelanggaran marka jalan. Data primer dikumpulkan dengan melakukan survei langsung di lapangan untuk mendapatkan volume kondisi eksisting periode jam puncak yang akan menjadi acuan analisis kinerja simpang. Dari analisis kinerja tundaan antara Simpang Gayam dan Simpang Wirobrajan, didapatkan selisih waktu di lengan selatan sebesar 51,52 detik, lengan barat 16,54 detik, lengan utara 107,14 detik, lengan timur 72,66 detik. Kemudian dari analisis panjang antrian antara Simpang Gayam dan Simpang Wirobrajan, didapatkan selisih panjang antrian di lengan selatan sebesar 19,25 meter, lengan barat 55,34 meter, lengan utara 34,60 meter, lengan timur 16,30 meter.

Kata kunci: Pelanggaran Marja Jalan, Kinerja Simpang Bersinyal, Mikrosimulasi *Vissim*

### 1. Pendahuluan

Beberapa pelanggaran yang terjadi di jalan raya dapat meresahkan pengguna jalan. Penyebab terjadinya pelanggaran tersebut adalah ketidaktahuan pengemudi kendaraan akan aturan yang berlaku, kelalaian pengemudi kendaraan dan perilaku pengguna jalan [1]. Persimpangan jalan merupakan simpul transportasi yang terbentuk dari beberapa pendekatan dimana arus kendaraan dari beberapa pendekatan tersebut bertemu dan memencar meninggalkan persimpangan [2]. Pada saat arus lalu lintas sudah mulai meninggi, maka lampu lalu lintas sudah harus dipasang [3]. Ukuran meningginya arus lalu lintas yaitu dari waktu tunggu rata-rata kendaraan saat melintasi simpang. Jika waktu tunggu rata-rata tanpa lampu lalu lintas jauh lebih besar dari waktu tunggu rata-rata

dengan lampu lalu lintas, maka perlu dipasang lampu lalu lintas. Penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna, yaitu hijau, kuning, dan merah diterapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu [4].

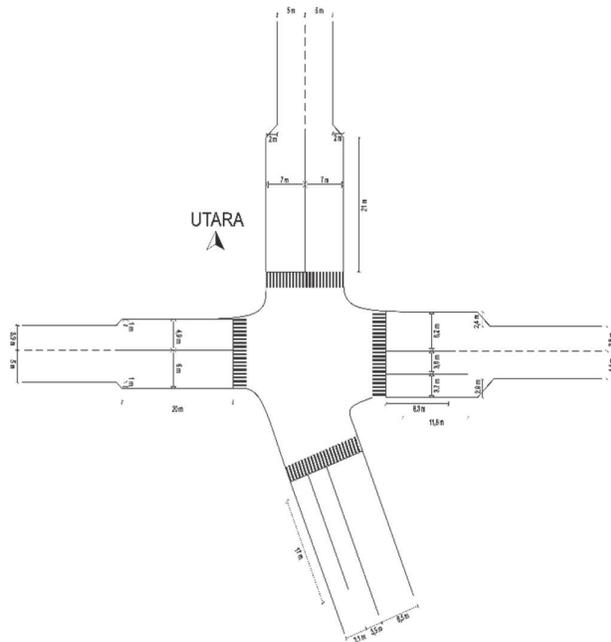
Mazloui, dkk dalam penelitiannya tentang fungsi tundaan pada simpang bersinyal di Kota Mashad, Iran, mempertimbangkan keterlambatan di simpang bersinyal untuk meningkatkan akurasi keseimbangan yang diperoleh dari model lalu lintas, tundaan tidak hanya tergantung pada volume lalu lintas dan waktu sinyal tapi juga berdasarkan pada perilaku pengemudi di daerahnya [5]. Penelitian ini menghasilkan perbandingan dua skenario dengan mengamati

arus lalu lintas secara komparatif dan terbaik memiliki fungsi kinerja yang seimbang.

Oleh karena latar belakang dari beberapa sumber, menjadi menarik untuk diteliti tentang pengaruh pelanggaran marka jalan terhadap kinerja simpang bersinyal yang berupa tundaan dan panjang antrian.

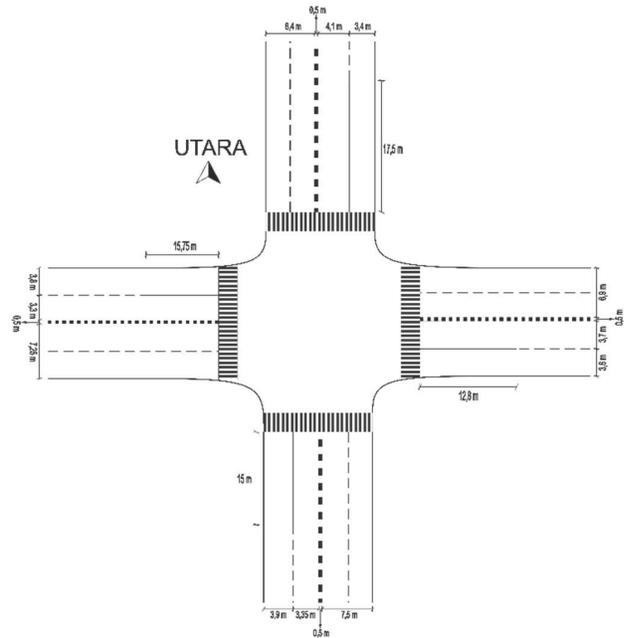
## 2. Metode

Penelitian ini dilakukan pada dua simpang bersinyal seperti pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**. Waktu pengumpulan data dilakukan pada hari Rabu dengan dua periode, yaitu periode pagi jam 06.00 – 08.00 WIB dan periode sore jam 15.00 – 17.00 WIB. Kedua periode waktu tersebut kemudian di rekapitulasi data lalu lintas sehingga didapatkan satu jam waktu tersibuk.



**Gambar 1.** Detail Geometri Simpang Gayam

Jenis simpang pada **Gambar 1** merupakan simpang bersinyal dengan empat fase tanpa median jalan pada tiap lengannya. Terdapat fasilitas bukaan di lengan barat, lengan utara, dan di lengan timur yang diperuntukkan sebagai kendaraan yang akan belok kiri jalan terus (langsung). Detail geometri arus lalu lintas keluar di lengan barat yaitu 4,9 m ditambah dengan 1 m untuk bukaan, lengan utara yaitu 7 m ditambah dengan 2 m untuk bukaan, lengan timur yaitu 3,6 m ditambah 3,7 m untuk bukaan, dan di lengan selatan yaitu 3,5 m ditambah ruas belok kiri langsung 3,1 m.



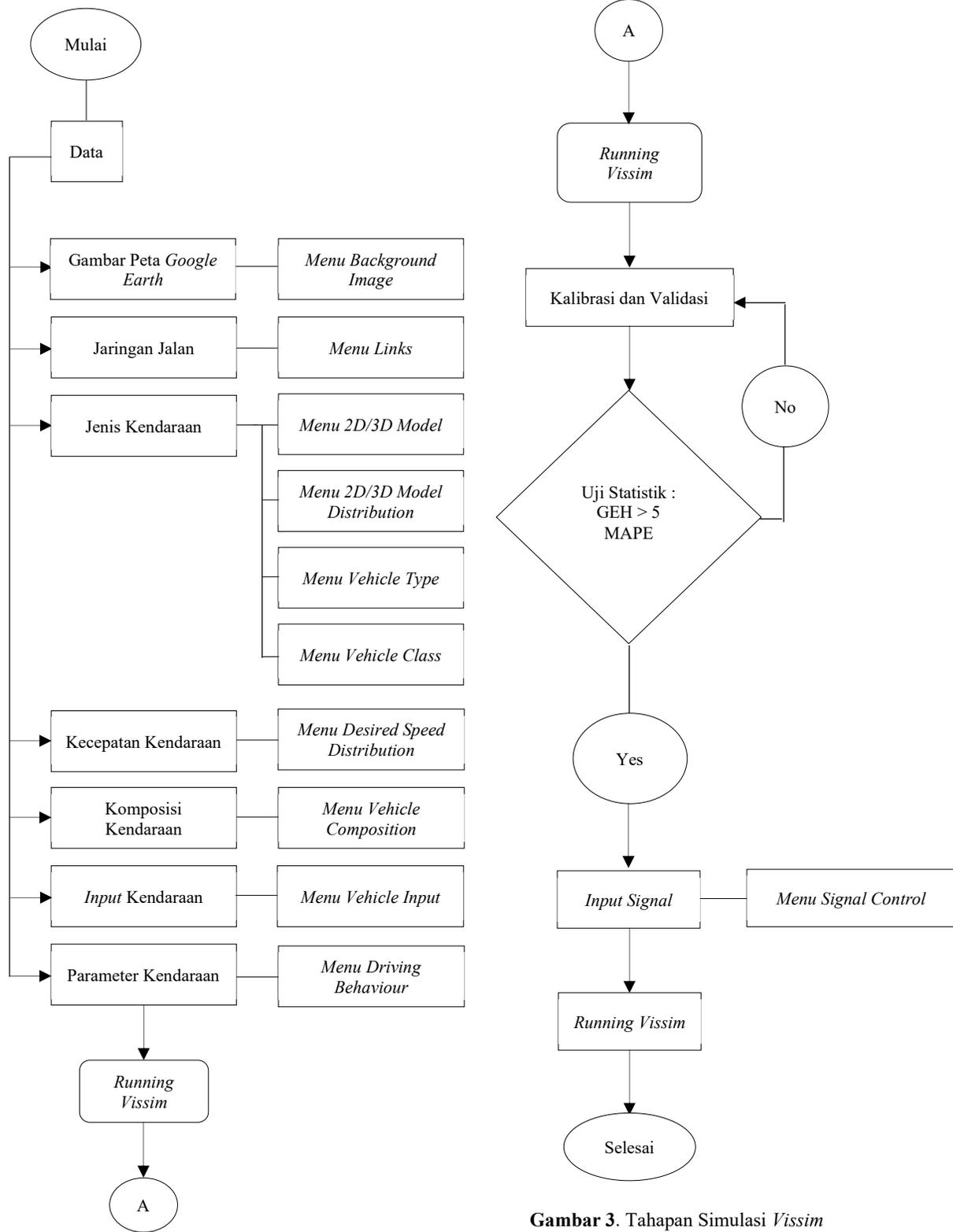
**Gambar 2.** Detail Geometri Simpang Wirobrajan

Jenis simpang pada **Gambar 2** merupakan simpang bersinyal empat fase dengan median jalan pada tiap lengannya. Terdapat fasilitas ruas jalan yang diperuntukkan sebagai kendaraan yang akan belok kiri jalan terus (langsung) di keempat lengannya. Detail geometri arus lalu lintas keluar di lengan barat yaitu 3,3 m ditambah dengan 3,8 m untuk kendaraan belok kiri langsung, lengan utara yaitu 4,1 m ditambah dengan 3,4 m untuk kendaraan belok kiri langsung, lengan timur yaitu 3,7 m ditambah 3,6 m untuk kendaraan belok kiri langsung, dan di lengan selatan yaitu 3,35 m ditambah dengan 3,9 m untuk kendaraan belok kiri langsung.

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan dua cara, yaitu sebagai berikut:

1. Data primer terdiri dari data geometri simpang, pelanggaran marka jalan, volume lalu lintas, panjang antrian, dan waktu siklus simpang.
2. Data sekunder yang terdiri dari peta lokasi penelitian dan waktu sibuk simpang yang didapat dari Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta yang digunakan sebagai penunjang penelitian.

Setelah data dikumpulkan, kemudian dianalisis sehingga didapatkan volume lalu lintas sibuk yaitu jam 06.30 – 07.30 yang kemudian digunakan juga sebagai pemodelan *Vissim*. Kalibrasi dan validasi sebagai awal pemodelan menggunakan *software Vissim* agar pemodelan dapat mendekati kondisi di lapangan. Tahap akhir penelitian yaitu didapatkan kesimpulan dari tujuan penelitian ini yaitu pengaruh pelanggaran marka terhadap kinerja pada simpang bersinyal.



Gambar 3. Tahapan Simulasi Vissim

### 2.1. Simulasi *Vissim*

*Vissim* merupakan perangkat lunak yang dapat mensimulasikan pola lalu lintas dengan tepat. *Vissim* menampilkan semua pengguna jalan dan interaksinya dalam satu model, model secara realistis dapat memberikan gambaran dari semua pengguna jalan. Dalam mensimulasikan perangkat *Vissim* ditunjang dengan data-data sesuai kebutuhan pengguna seperti pada **Gambar 3**. Pada umumnya data tersebut berupa geometri jalan, jumlah kendaraan, jenis kendaraan, serta perilaku pengemudi. Dalam simulasi *Vissim* data yang ditinjau umumnya adalah kecepatan, tundaan, antrian, dan kepadatan [6].

#### Kalibrasi

Proses kalibrasi pada *Vissim* dilakukan dengan beberapa perubahan driving behaviour. Terdapat banyak pilihan perubahan parameter sesuai dengan karakteristik jaringan jalan.

#### Validasi

Gustavsson dalam penelitiannya menjelaskan metode terbaik untuk membandingkan data *input* dan *output* simulasi adalah dengan menggunakan rumus statistik GEH (*Geoffrey E. Havers*) [7]. Pengembangan rumus GEH merupakan solusi dalam koreksi yang lebih rinci jika dibandingkan dengan persentase yang sederhana. Dimana rumus GEH dinyatakan pada Persamaan 1.

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

Keterangan :

M = Volume lalu lintas di pemodelan/simulasi

C = Volume lalu lintas saat observasi di lapangan

Dimana :

- Jika nilai GEH < 5,0 maka hasilnya diterima atau dianggap simulasi mewakili observasi di lapangan
- Jika nilai GEH 5-10 perlu dilakukan kajian ulang atau kemungkinan data *error*
- Jika nilai GEH > 10 hasilnya ditolak atau kemungkinan *input* data salah

Selain validasi untuk jumlah volume arus lalu lintas dan kecepatan kendaraan yang menggunakan rumus statistik GEH, digunakan juga validasi menggunakan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) untuk data panjang antrian. Rumus MAPE dapat dilihat pada Persamaan 2 berikut ini.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F}{A_t} \right| \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

n = Banyak/jumlah data

A<sub>t</sub> = Data di lapangan/observasi

F<sub>t</sub> = Data simulasi

Semakin rendah nilai MAPE, maka dapat dikatakan model peramalan memiliki kemampuan yang baik.

**Tabel 1.** Rentan Nilai MAPE [8]

MAPE	Signifikansi
<10%	Kemampuan peramalan sangat baik
10-20%	Kemampuan peramalan baik
20-50%	Kemampuan peramalan layak / memadai
>50%	Kemampuan peramalan buruk

#### Analisis Koefisien Determinasi

Analisis koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) digunakan untuk mengetahui seberapa besar persentase sambungan variabel independen secara bersamaan terhadap variabel dependen. Nilai *R square* dikatakan baik jika diatas 0,5 karena nilai *R square* berkisar antara 0 sampai 1.

**Tabel 2.** Interpretasi Koefisien [9]

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat Rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat Kuat

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Kalibrasi, Validasi Simpang Gayam dan Simpang Wirobrajan

Perilaku mengemudi atau *driving behaviour* harus disesuaikan dengan kondisi di lapangan. Parameter yang digunakan validasi pemodelan dengan kondisi lapangan adalah nilai *output Vissim* berupa volume lalu lintas dan panjang antrian model. Apabila hasilnya tidak mewakili kondisi di lapangan, maka diperlukan pengaturan ulang kalibrasi agar mendekati dengan kondisi lapangan.

Terdapat perubahan komponen-komponen *driving behaviour* pada proses kalibrasi pemodelan *Vissim* khususnya pada kedua lokasi penelitian yaitu Simpang Gayam dan Simpang Wirobrajan yang semula *default* kemudian dirubah pada proses kalibrasi agar pemodelan dapat mendekati kondisi di lapangan.

Setelah dilakukan perubahan komponen pada proses kalibrasi di kedua simpang pada **Tabel 3** dan **Tabel 4** kemudian dilakukan validasi volume lalu lintas pada Simpang Gayam dan Simpang Wirobrajan dengan metode GEH seperti pada **Tabel 5** dan **Gambar 4** sebagai

pendekatan volume lalu lintas di model dengan kondisi di lapangan.

**Tabel 3.** Perubahan Komponen *Driving Behaviour* Simpang Gayam

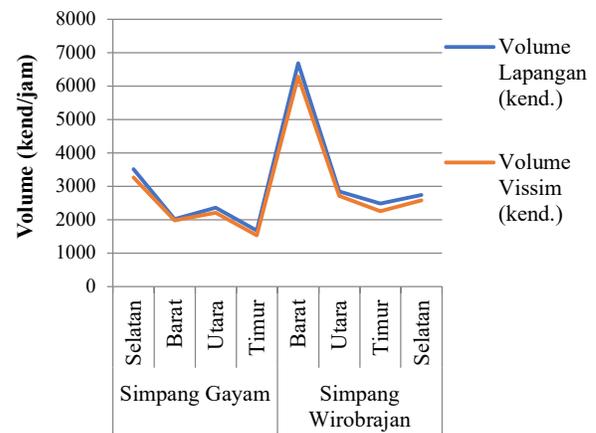
No.	Parameter yang Diubah	Nilai	
		Sebelum	Sesudah
1	<i>Has Overtaking Lane</i> (kendaraan dapat menyiap di jalur berlawanan arah)	Off	On
2	<i>Reduced Speed</i> (perlambatan kendaraan)	No	Yes
3	<i>Average Standstill Distance</i> (jarak antar kendaraan berurutan saat berhenti di simpang)	2 m	0,4 m
4	<i>Additive Part of Safety Distance</i> (koefisien penambah jarak aman)	2 m	0,4 m
5	<i>Multiplicative Part of Safety Distance</i> (koefisien pengali jarak aman)	3 m	1 m
6	<i>Desired Position at Free Flow</i> (lajur jalan yang diinginkan oleh pengendara saat kondisi arus bebas)	Middle of Lane	Any
7	<i>Overake on Same Lane : on left &amp; on right</i> (kendaraan dapat menyiap di lajur yang sama)	Off	On
8	<i>Distance Standing (at 0 km/h)</i> (jarak antar kendaraan pada saat berhenti)	1 m	0,4 m
9	<i>Distance Driving (at 50 km/h)</i> (jarak antar kendaraan pada saat mendekati mulut simpang)	1 m	0,5 m

**Tabel 4.** Perubahan Komponen *Driving Behaviour* Simpang Wirobrajan

No.	Parameter yang Diubah	Nilai	
		Sebelum	Sesudah
1	<i>Reduced Speed</i> (perlambatan kendaraan)	No	Yes
2	<i>Average Standstill Distance</i> (jarak antar kendaraan berurutan saat berhenti di simpang)	2 m	0,4 m
3	<i>Additive Part of Safety Distance</i> (koefisien penambah jarak aman)	2 m	0,5 m
4	<i>Multiplicative Part of Safety Distance</i> (koefisien pengali jarak aman)	3 m	1 m
5	<i>Desired Position at Free Flow</i> (lajur jalan yang diinginkan oleh pengendara saat kondisi arus bebas)	Middle of Lane	Any
6	<i>Overake on Same Lane : on left &amp; on right</i> (kendaraan dapat menyiap di lajur yang sama)	Off	On
7	<i>Distance Standing (at 0 km/h)</i> (jarak antar kendaraan pada saat berhenti)	1 m	0,3 m
8	<i>Distance Driving (at 50 km/h)</i> (jarak antar kendaraan pada saat mendekati mulut simpang)	1 m	0,4 m

**Tabel 5.** Rekapitulasi Hasil Validasi Volume Simpang Gayam dan Simpang Wirobrajan

Lokasi	Lengan	Volume Lapangan (kend)	Volume <i>Vissim</i> (kend)	Selisih (kend)	GEH
Simpang Gayam	Selatan	3513	3268	245	4,21
	Barat	2025	1989	36	0,80
	Utara	2364	2206	158	3,31
Simpang Wirobrajan	Timur	1677	1535	142	3,54
	Barat	6682	6286	396	4,92
	Utara	2843	2709	134	2,54
	Timur	2488	2253	235	4,83
	Selatan	2743	2584	159	3,08

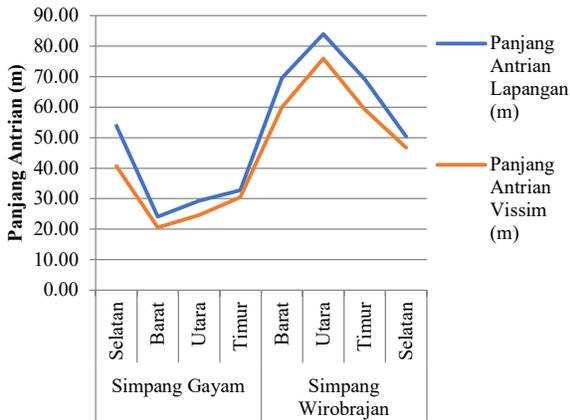


**Gambar 4.** Hasil Validasi Volume Simpang Gayam dan Simpang Wirobrajan

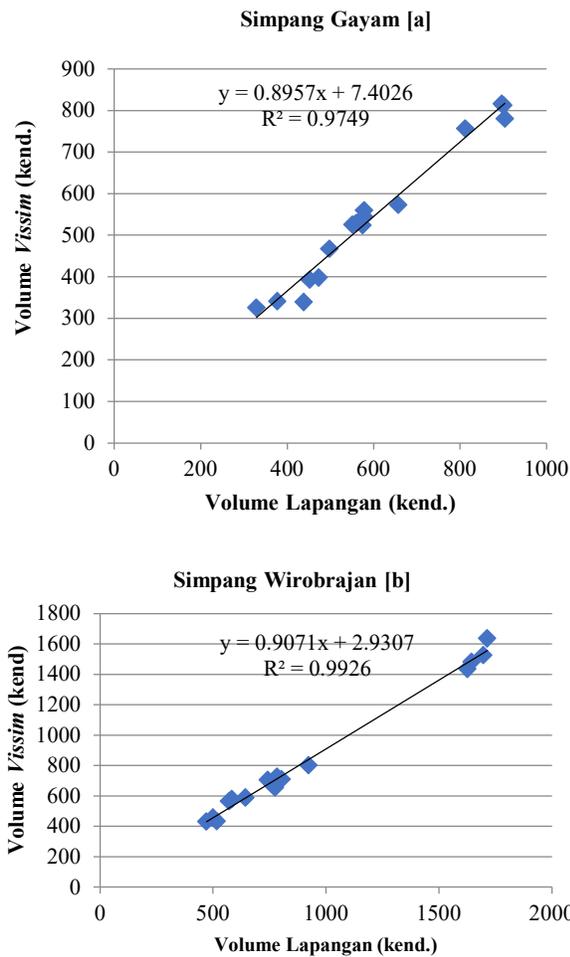
Dengan metode yang berbeda dari validasi volume lalu lintas Simpang Gayam dan Simpang Wirobrajan, dilakukannya proses validasi panjang antrian seperti pada **Tabel 6** dan **Gambar 5** dengan metode MAPE sebagai pendekatan panjang antrian di model dengan kondisi di lapangan.

**Tabel 6.** Rekapitulasi Hasil Validasi Panjang Antrian Simpang Gayam dan Simpang Wirobrajan

Lokasi	Lengan	Panjang Antrian Lapangan (m)	Panjang Antrian <i>Vissim</i> (m)	Selisih (m)	MAPE
Simpang Gayam	Selatan	53,93	40,75	13,18	0,041
	Barat	24,11	20,63	3,48	0,024
	Utara	29,34	24,63	4,71	0,027
Simpang Wirobrajan	Timur	32,75	30,49	2,26	0,011
	Barat	69,69	59,99	9,70	0,017
	Utara	83,97	75,97	8,00	0,012
	Timur	69,20	59,23	9,97	0,018
	Selatan	50,40	46,79	3,61	0,009



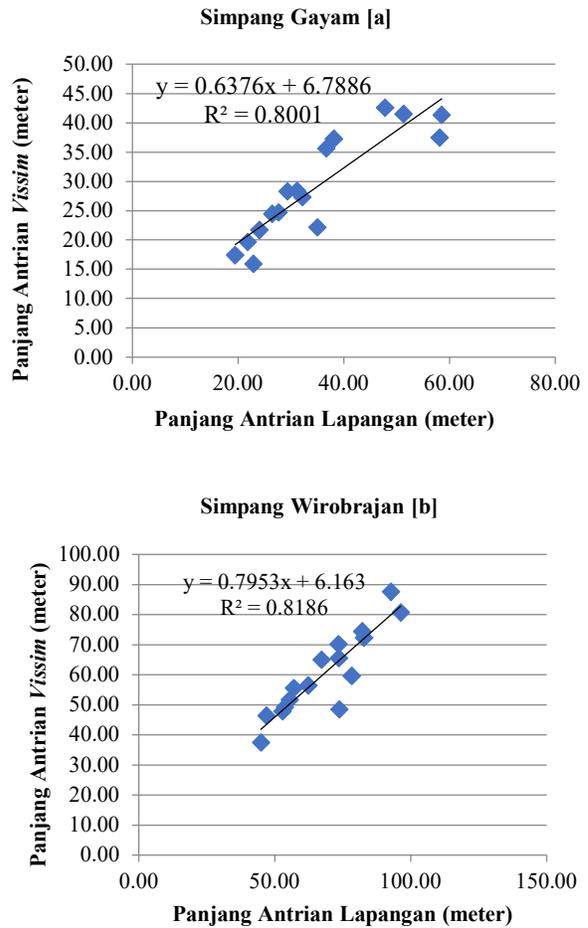
Gambar 5. Hasil Validasi Panjang Antrian Simpang Gayam dan Simpang Wirobrajan



Gambar 6. Grafik Hubungan Volume Lapangan dengan Pemodelan Vissim Simpang Gayam [a] dan Simpang Wirobrajan [b]

3.2. Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi digunakan untuk mengukur seberapa besar persentase perubahan atau variasi dari variabel dependen bisa dijelaskan oleh perubahan atau variasi dari variabel independen. Hasil pengujian koefisien determinasi dapat dilihat dari nilai *R square* yang dihasilkan dari proses analisis seperti pada Gambar 6 dan Gambar 7 kemudian dikaitkan dengan penjelasan pada Tabel 2. Koefisien determinasi digunakan untuk mengetahui persentase pengaruh variabel independen (X) terhadap variabel dependen (Y). Maka nilai determinasi ditentukan dengan  $R^2$  (*R Square*).

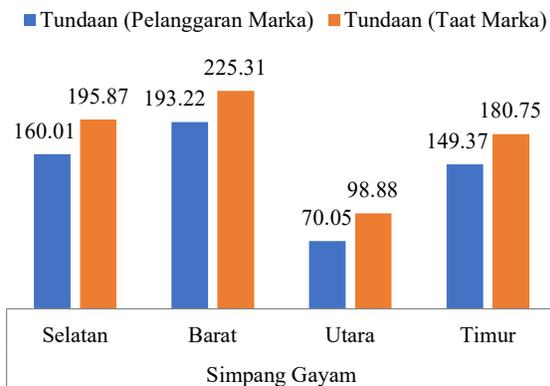


Gambar 7. Grafik Hubungan Panjang Antrian Lapangan dengan Pemodelan Vissim Simpang Gayam [a] dan Simpang Wirobrajan [b]

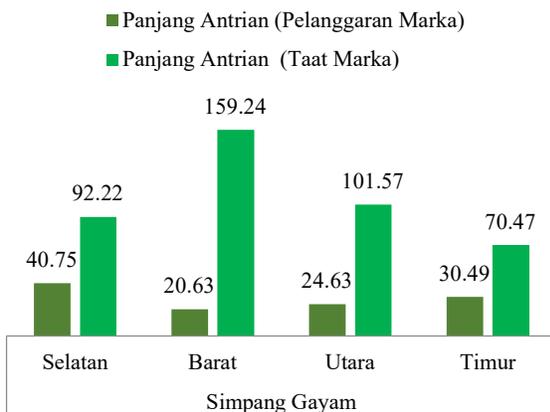
3.3. Kinerja Simpang Gayam

Simpang Gayam adalah simpang bersinyal 4 (empat) lengan yang tiap lengannya tidak memiliki median jalan, akan tetapi menggunakan marka jalan tidak putus-putus sebagai

pembagi jalur. Namun pada kondisi eksisting seringkali pengemudi kendaraan berperilaku melanggar marka jalan dengan mengambil jalur berlawanan untuk mendapatkan waktu hijau awal. Pada **Gambar 8** dan **Gambar 9** menjelaskan terkait dengan perbandingan pengemudi yang melanggar marka jalan dengan pengemudi yang patuh marka jalan di Simpang Gayam.



**Gambar 8.** Diagram Selisih Tundaan di Simpang Gayam

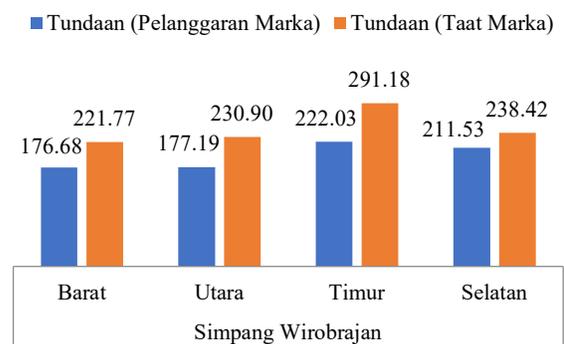


**Gambar 9.** Diagram Selisih Panjang Antrian di Simpang Gayam

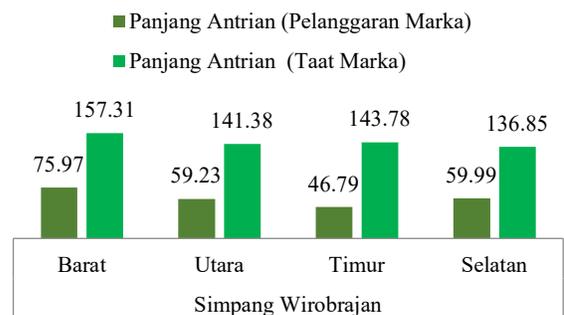
Berdasarkan **Gambar 8** terlihat nilai selisih kinerja tundaan Simpang Gayam di lengan selatan sebesar 35,86 detik, lengan barat sebesar 32,10 detik, lengan utara sebesar 28,83 detik, dan lengan timur sebesar 31,37 detik. Sedangkan pada **Gambar 9** untuk nilai selisih panjang antrian akibat pelanggaran marka jalan di lengan selatan sebesar 51,47 meter, lengan barat sebesar 138,61 meter, lengan utara sebesar 76,94 meter, lengan timur sebesar 39,98 meter.

### 3.4. Kinerja Simpang Wirobrajan

Simpang Wirobrajan merupakan simpang bersinyal dengan 4 (empat) lengan yang tiap lengannya memiliki median jalan dan keempat lengannya memperbolehkan kendaraan belok kiri langsung tanpa ada instruksi dari lampu sinyal lalu lintas (APILL). Perilaku pelanggaran marka di simpang ini tidak dapat seperti Simpang Gayam karena adanya median jalan, akan tetapi perilaku mengemudi seringkali mengambil lajur belok kiri jalan terus untuk mendapatkan waktu awal hijau. Pada **Gambar 10** dan **Gambar 11** menjelaskan terkait dengan perbandingan pengemudi yang melanggar marka jalan dengan pengemudi yang patuh marka jalan di Simpang Wirobrajan.



**Gambar 10.** Diagram Selisih Tundaan di Simpang Wirobrajan



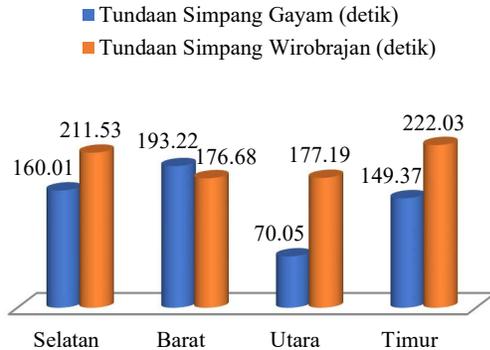
**Gambar 11.** Diagram Selisih Panjang Antrian di Simpang Wirobrajan

Berdasarkan **Gambar 10** dan **Gambar 11**, terlihat adanya selisih waktu tundaan dan panjang antrian akibat pengaruh pelanggaran marka jalan terhadap kinerja Simpang Wirobrajan. Pada kinerja tundaan di lengan barat terjadi selisih waktu sebesar 45,09 detik, lengan utara sebesar 53,71 detik, lengan timur sebesar 69,15 detik, lengan selatan sebesar 26,89 detik. Kemudian untuk selisih panjang antrian lengan barat sebesar 81,34 meter, lengan utara sebesar 82,15

meter, lengan timur sebesar 96,99 meter, dan lengan selatan sebesar 76,86 meter.

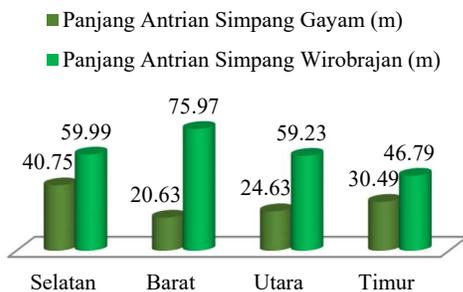
### 3.5. Komparasi Kinerja Simpang Gayam dan Simpang Wirobrajan Kondisi Eksisting

Pada **Gambar 12** menjelaskan terkait hasil komparasi analisis kinerja (tundaan) pada Simpang Gayam dan Simpang Wirobrajan akibat pengaruh pelanggaran marka jalan.



**Gambar 12.** Komparasi Nilai Tundaan Antara Simpang Gayam dengan Simpang Wirobrajan Kondisi Eksisting

Berdasarkan **Gambar 12** menunjukkan perbedaan nilai rata-rata kinerja (tundaan) antara simpang yang tidak mempunyai median jalan pada Simpang Gayam dan simpang yang mempunyai median jalan pada Simpang Wirobrajan. Keberadaan median jalan mengakibatkan kendaraan tidak dapat melanggar melalui jalur berlawanan untuk mendapatkan antrian awal kendaraan yang berdampak kepada tundaan yang tinggi dibandingkan simpang yang tidak mempunyai median jalan. Kemudian pada **Gambar 13** menjelaskan terkait dengan komparasi kinerja (panjang antrian) pada Simpang Gayam dan Simpang Wirobrajan.



**Gambar 13.** Komparasi Nilai Panjang Antrian Antara Simpang Gayam dengan Simpang Wirobrajan Kondisi Eksisting

Berdasarkan **Gambar 13** menunjukkan kinerja panjang antrian senada dengan kinerja tundaan pada **Gambar 12** bahwa simpang mempunyai median jalan (Simpang

Wirobrajan) mengakibatkan pengemudi tidak dapat mengambil jalur berlawanan untuk mencapai antrian awal kendaraan yang mengakibatkan tundaan dan panjang antrian lebih tinggi dibandingkan simpang yang tidak mempunyai median jalan (Simpang Gayam).

Karakteristik simpang secara geometrik yang membedakan antara Simpang Gayam dan Simpang Wirobrajan selain median jalan adalah adanya bukaan untuk kendaraan belok kiri di lengan utara dan timur pada Simpang Gayam. Sedangkan pada Simpang Wirobrajan semua lengannya tidak memiliki bukaan. Pengertian dari bukaan tersebut yaitu pelebaran geometrik jalan ketika mendekati mulut simpang. Bukaan tersebut menurut peneliti cukup berfungsi untuk menampung antrian kendaraan saat waktu merah agar tidak menjadi tundaan bagi kendaraan yang akan belok kiri jalan terus.

## 4. Simpulan

Terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan dari analisis kinerja tundaan dan panjang antrian yang telah dilakukan yaitu sebagai berikut:

- Selisih kinerja tundaan antara Simpang Gayam dan Simpang Wirobrajan kondisi eksisting saat periode jam puncak di lengan selatan sebesar 51,52 detik, lengan barat sebesar 16,54 detik, lengan utara sebesar 107,14 detik, lengan timur sebesar 72,66 detik.
- Selisih kinerja panjang antrian antara Simpang Gayam dan Simpang Wirobrajan kondisi eksisting saat periode jam puncak di lengan selatan sebesar 19,25 meter, lengan barat sebesar 55,34 meter, lengan utara sebesar 34,60 meter, lengan timur sebesar 16,30 meter.
- Dari kedua simpang tersebut dapat disimpulkan bahwa simpang yang mempunyai median jalan lebih besar pengaruhnya terhadap kinerja tundaan dan panjang antrian. Akan tetapi hal positif dari simpang yang mempunyai median jalan adalah pengguna jalan lebih diamankan dari segi keselamatan karena tidak bisa mengambil jalur berlawanan arah.

## Daftar Pustaka

- [1] M. Junef, "Perilaku Masyarakat Terhadap Operasi Bukti Pelanggaran ( Tilang ) Dalam Berjalan Lintas," *WIDYA Yust.*, vol. 1, no. 1, pp. 52–60, 2014.
- [2] F. D. Hobbs, *Perencanaan dan teknik lalu lintas*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 1995.
- [3] A. Munawar, *Manajemen lalu lintas perkotaan*. Yogyakarta, 2004.
- [4] K. PUPR, "Highway Capacity Manual Project (HCM)," *Man. Kapasitas Jalan Indones.*, vol. 1, no. 1,

p. 564, 1997.

- [5] E. Mazloumi, S. Moridpour, and H. Mohsenian, "Delay Function for Signalized Intersections in Traffic Assignment Models," *J. Urban Plan. Dev.*, vol. 136, no. 1, pp. 67–74, 2010, doi: 10.1061/(asce)0733-9488(2010)136:1(67).
- [6] PTV Vissim, "VISSIM 5.30-05 User Manual," pp. 130–132, 2011, [Online]. Available: [https://www.et.byu.edu/~msaito/CE662MS/Labs/VISSIM\\_530\\_e.pdf](https://www.et.byu.edu/~msaito/CE662MS/Labs/VISSIM_530_e.pdf).
- [7] F. N. Gustavsson, *New transportation research progress*. 2008.
- [8] P. C. Chang, Y. W. Wang, and C. H. Liu, "The development of a weighted evolving fuzzy neural network for PCB sales forecasting," *Expert Syst. Appl.*, vol. 32, no. 1, pp. 86–96, 2007, doi: 10.1016/j.eswa.2005.11.021.
- [9] Sugiyono, *Metode penelitian bisnis*. Bandung: Alfabeta, 2012.

Halaman ini sengaja dikosongkan