

## EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL JALAN GALUNGGUNG-JALAN BONDOWOSO-JALAN RAYA TIDAR DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM PTV VISSIM 9.0

Bambang Supriyanto<sup>1</sup>, Pranoto<sup>1</sup>, dan Cyntia Prabandari<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang No. 5 Malang

<sup>2</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang No. 5 Malang

\**bambang.supriyanto.ft@um.ac.id*

Masuk: 08-08-2024, revisi: 13-02-2025, diterima untuk diterbitkan: 10-04-2025

### ABSTRACT

*The signalized intersection at the Jalan Galunggung, Jalan Bondowoso and Jalan Raya Tidar in Malang City often experiences traffic congestion due to the high volume of vehicles heading to activity centers such as shopping malls, universities, schools, and densely populated residential areas. Simpang Galunggung frequently encounters traffic conflicts caused by the high level of traffic activity. This study aims to analyze and evaluate the performance of this signalized intersection using the Indonesian PKJI 2023 and the PTV Vissim 9.0 software. Additionally, the study aims to select alternative solutions and predict the performance of the signalized intersection in the next five years. From the results of the analysis of intersection performance using PKJI 2023 shows a degree of saturation of 0.91258 on holidays and 0.97065 on weekdays. The average delay value at the intersection was 66.3237 seconds/vehicle during holidays and 167.311 seconds/vehicle during weekdays, both categorized into the level of service F. Meanwhile, the modeling analysis with PTV Vissim 9.0 yielded an average intersection delay of 67.67 seconds/vehicle for holidays and 71.37 seconds/vehicle for weekdays, categorized into the level of service E. Some alternative solutions that can be done include changes in the number of phases, traffic engineering or road widening.*

*Keywords: signalized intersection; PKJI 2023; PTV Vissim*

### ABSTRAK

Simpang empat bersinyal Jalan Galunggung, Jalan Bondowoso dan Jalan Raya Tidar di Kota Malang sering mengalami kemacetan lalu lintas karena banyaknya kendaraan yang menuju pusat kegiatan seperti pusat perbelanjaan, kampus, sekolah dan pemukiman padat penduduk. Simpang Galunggung sering mengalami konflik lalu lintas yang disebabkan banyaknya aktifitas pergerakan lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi kinerja simpang bersinyal tersebut menggunakan PKJI 2023 dan perangkat lunak PTV Vissim 9.0. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memilih solusi alternatif dan memprediksi kinerja simpang bersinyal pada lima tahun mendatang. Dari hasil analisa kinerja simpang menggunakan PKJI 2023 menunjukkan nilai derajat kejenuhan pada simpang sebesar 0,91258 pada hari libur dan 0,97065 pada hari kerja. Nilai tundaan simpang rata-rata yang dihasilkan sebesar 66,3237 det/smp pada hari libur dan 167,311 det/ smp pada hari kerja, keduanya dikategorikan dalam tingkat pelayanan F. Sedangkan dari analisa pemodelan pada PTV Vissim 9.0 diperoleh nilai tundaan simpang rata-rata sebesar 67,67 det/kend untuk hari libur dan 71,37 det/kend untuk hari kerja, dikategorikan ke dalam tingkat pelayanan simpang E. Solusi alternatif yang dapat diterapkan meliputi perubahan jumlah fase, rekayasa lalu lintas atau pelebaran ruas jalan.

Kata kunci: simpang bersinyal; PKJI 2023; PTV Vissim

## 1. PENDAHULUAN

Menurut Permen Perhubungan Nomor PM 10 Tahun 2020, transportasi adalah proses memindahkan individu atau barang dari satu tempat ke tempat lain dengan memanfaatkan kendaraan di jalan. Transportasi diharapkan dapat memberikan kemudahan bagi manusia dengan segala macam kegiatan yang dilakukan. Namun, peningkatan jumlah kendaraan menyebabkan kemacetan terutama di persimpangan.

Simpang atau persimpangan adalah tempat di mana terdapat dua atau lebih ruas jalan bertemu atau bersimpangan (Khisty & Lall, 2005). Persimpangan menjadi titik sentral kemacetan lalu lintas khususnya pada jam sibuk (*peak hour*) di hari kerja maupun hari libur karena banyaknya pergerakan arus lalu lintas. Persimpangan sangat erat kaitannya dengan kinerja lalu lintas. Persimpangan dengan kinerja yang baik dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti arus kendaraan, tundaan dan derajat kejenuhan.

Simpang Galunggung di Malang adalah salah satu titik rawan kemacetan karena menjadi akses utama menuju berbagai pusat kegiatan, seperti pusat perbelanjaan (*mall*), kampus, sekolah, pemukiman padat penduduk, dan lain-lain. Simpang Galunggung merupakan salah satu simpang yang dilewati oleh angkutan umum (angkutan kota maupun *driver online*), sehingga menyebabkan banyaknya kendaraan keluar-masuk ke bagian jalan dan aktivitas naik-turun penumpang yang dapat menyebabkan kendaraan lain menjadi lambat dan terhenti. Selain itu, banyaknya pejalan kaki, penjual yang berada di tepi jalan dan kendaraan parkir di sisi jalan juga menyebabkan aktivitas hambatan samping di jalan juga ikut meningkat. Kepadatan arus lalu lintas dan tingginya aktivitas hambatan samping di suatu persimpangan berpengaruh pada peningkatan antrian kendaraan dan tundaan. Panjang antrian kendaraan dan tundaan yang tinggi menyebabkan penurunan kinerja simpang bersinyal.

Evaluasi kinerja simpang perlu dilakukan secara berkala guna mengidentifikasi bagaimana keadaan simpang terutama pada kondisi jam-jam sibuk. Jika hasil evaluasi menunjukkan kepadatan lalu lintas yang tinggi, maka perlu adanya solusi alternatif yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kinerja pada persimpangan seperti perubahan fase sinyal, pelebaran jalan, atau rekayasa lalu lintas berupa pengalihan arus. Dengan mengacu pada PKJI 2023 dan menggunakan PTV Vissim 9.0, dilakukannya penelitian ini diharapkan mampu menggambarkan bagaimana evaluasi kinerja simpang bersinyal pada Simpang Galunggung dan solusi alternatif terhadap masalah yang terjadi pada simpang tersebut. Selain itu, juga dapat memperkirakan bagaimana kinerja simpang pada lima tahun mendatang.

### Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal (*signalized intersection*) adalah persimpangan jalan yang mengatur aliran lalu lintas dari berbagai arah dengan bantuan lampu lalu lintas, yang memungkinkan kendaraan untuk melintasi persimpangan tersebut (Pebriyetti & Widodo, 2018). Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2023), simpang bersinyal atau simpang APILL merupakan bertemunya dua ruas jalan atau lebih pada suatu tempat yang ditandai dengan isyarat lampu lalu lintas atau APILL. Alasan digunakan APILL menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2023) adalah untuk menjaga kapasitas simpang selama *peak hour* dan memperkecil risiko kecelakaan setiap kendaraan yang datang dari arah yang berbeda.

### Lampu Lalu Lintas

Menurut UU No. 22 Tahun 2009, lampu lalu lintas, atau alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL), merupakan alat elektronik yang mengatur pergerakan orang dan/atau kendaraan di persimpangan dengan menggunakan siklus lampu merah, kuning, dan hijau. Pada umumnya, lampu lalu lintas dipasang di persimpangan jalan dengan tujuan antara lain untuk meningkatkan keselamatan sistem secara keseluruhan, memperbesar kapasitas persimpangan, dan menyeimbangkan kualitas layanan di persimpangan.

Alamsyah (2008) menjelaskan bahwa lampu lalu lintas adalah alat yang mengelola aliran lalu lintas di persimpangan dengan memisahkan waktu untuk untuk arah pergerakan yang berbeda. Lampu lalu lintas menggunakan sinyal merah, kuning, dan hijau sebagai indikator. Tujuan dari pemisahan waktu pada lampu lalu lintas adalah untuk menjaga agar tidak terjadi konflik antara arah pergerakan yang berpotongan. Menurut Khisty & Lall (2005), fungsi dari tiga warna lampu lalu lintas adalah: (1) warna hijau sebagai pemberi prioritas jalan kepada satu atau beberapa jalur lalu lintas; (2) warna merah sebagai bentuk larangan pergerakan atau mewajibkan kendaraan berhenti; dan (3) warna kuning sebagai penentuan pergantian hak jalan antara satu arus lalu lintas dengan arus lainnya atau memberikan tanda peringatan.

### Waktu Siklus

Lampu lalu lintas dioperasikan berdasarkan waktu siklus, yaitu durasi yang digunakan dalam satu putaran lengkap dari semua warna lampu secara berurutan (Kirono et al, 2018). Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2023), waktu siklus merupakan durasi yang menunjukkan urutan lengkap suatu sinyal lalu lintas. Waktu siklus yang layak berbeda tergantung pada tipe pengaturan fase, dengan durasi maksimal 130 detik untuk pengaturan empat fase. Durasi masing-masing warna (merah, kuning, dan hijau) ditentukan berdasarkan kelompok fase yang digunakan, seperti dua fase, tiga fase, atau empat fase.

Tabel 1. Waktu Siklus yang Layak (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus yang Layak (detik)
Pengaturan dua fase	40 - 80
Pengaturan tiga fase	50 - 100
Pengaturan empat fase	80 - 130

## Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melintasi suatu jalur dalam jangka waktu tertentu, yang diukur dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam) atau mobil penumpang per jam (smp/jam) (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023). Penghitungan arus lalu lintas dilakukan setiap jam selama satu atau lebih periode, dengan mempertimbangkan kondisi arus selama *peak hour* (pagi, siang, dan sore hari). Arus lalu lintas ( $q$ ) untuk masing-masing jenis pergerakan (belok kiri, lurus, dan belok kanan) dihitung dalam satuan mobil penumpang (smp) per jam, dengan menggunakan faktor ekivalen mobil penumpang ( $emp$ ) pada jalur terlindung (P) dan jalur terlawan (O).

$$q = q_{kend} \times emp_{kend} \quad (1)$$

dengan  $q$  = total arus kendaraan (smp/jam),  $q_{kend}$  = volume arus setiap jenis kendaraan (kend/jam), dan  $emp_{kend}$  = nilai emp setiap jenis kendaraan (Tabel 2).

Tabel 2. Ekivalen Kendaraan Penumpang (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Jenis Kendaraan	Nilai emp	
	Terlindung	Terlawan
Mobil Penumpang (MP)	1,00	1,00
Kendaraan Berat (KB)	1,30	1,30
Sepeda Motor (SM)	0,15	0,04

## Kapasitas

Kapasitas adalah jumlah arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan dalam satu jam di bawah kondisi tertentu, yang mencakup faktor-faktor geometri, lingkungan, dan lalu lintas, dan diukur dalam satuan smp/jam. (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023). Menurut Wikrama (2011), kapasitas simpang dihitung untuk setiap pendekat atau kelompok lajur dalam suatu pendekat.

$$C = J \times \frac{w_H}{s} \quad (2)$$

dengan  $C$  = kapasitas simpang (smp/jam),  $J$  = arus jenuh (smp/jam),  $w_H$  = waktu hijau (detik), dan  $s$  = waktu siklus (detik).

## Derajat Kejenuhan

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2023), derajat kejenuhan merupakan perbandingan antara volume lalu lintas dan kapasitas untuk suatu pendekat, dengan nilai maksimum sebesar 0,85 untuk jalan perkotaan. Menurut Syaikh & Widodo (2016), apabila derajat kejenuhan mendekati atau melebihi satu, hal ini dapat menyebabkan terjadinya penumpukan kendaraan pada saat *peak hour*. Derajat kejenuhan ( $D_J$ ) dituliskan dalam persamaan berikut.

$$D_J = \frac{q}{C} \quad (3)$$

dengan  $D_J$  = derajat kejenuhan,  $q$  = arus lalu lintas (smp/jam), dan  $C$  = kapasitas simpang (smp/jam).

## Panjang Antrian

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2023), panjang antrian adalah antrian kendaraan yang menunggu di sepanjang jalur pendekat, yang dinyatakan dalam meter. Panjang antrian dihitung berdasarkan jumlah rata-rata antrian kendaraan saat isyarat lampu hijau mulai menyala ( $N_q$ ).  $N_q$  merupakan total kendaraan yang berhenti pada fase hijau sebelumnya ( $N_{q1}$ ), ditambah dengan kendaraan yang datang dan berhenti selama lampu merah ( $N_{q2}$ ). Panjang antrian ( $P_A$ ) dihitung dengan mengalikan  $N_{qMAX}$ , yang merupakan fungsi dari jumlah rata-rata antrian ( $N_q$ ), dengan luas rata-rata yang digunakan oleh satuan mobil penumpang (smp) sebesar 20 m<sup>2</sup>, lalu membaginya dengan lebar jalur masuk.

$$N_q = N_{q1} + N_{q2} \quad (4)$$

$$P_A = N_{qMAX} \times \frac{20}{L_M} \quad (5)$$

dengan  $N_q$  = jumlah rata-rata kendaraan yang antri saat lampu hijau menyala (smp),  $N_{q1}$  = jumlah kendaraan yang masih terhenti dari fase lampu hijau sebelumnya (smp),  $N_{q2}$  = jumlah kendaraan yang datang dan berhenti dalam antrian selama lampu merah (smp),  $P_A$  = panjang antrian (m),  $N_{qMAX}$  = fungsi dari  $N_q$  (diagram pada PKJI 2023 halaman 267 dan 268), dan  $L_M$  = lebar masuk pada ruas jalan (m).

## Tundaan

Berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2023), tundaan adalah waktu tambahan yang dibutuhkan kendaraan dalam melintasi persimpangan. Tundaan disebabkan oleh dua faktor, yaitu tundaan lalu lintas (interaksi antara arus lalu lintas yang berlawanan di persimpangan) dan tundaan geometri (perlambatan atau percepatan arus lalu lintas yang berbelok di persimpangan). Nilai tundaan digunakan sebagai parameter untuk mengevaluasi tingkat pelayanan pada setiap pendekat atau keseluruhan persimpangan.

$$T = T_L + T_G \quad (6)$$

dengan  $T$  = tundaan rata-rata (detik/smp),  $T_L$  = tundaan lalu lintas (detik/smp) dan  $T_G$  = tundaan geometri (detik/smp).

## Tingkat Pelayanan Simpang

Khisty & Lall (2005) mendefinisikan tingkat pelayanan (*level of service*) sebagai menggambarkan karakteristik mobilitas suatu persimpangan, yang ditentukan oleh penundaan kendaraan dan faktor tambahan seperti perbandingan antara volume atau kapasitas.

Tingkat pelayanan simpang adalah kemampuan persimpangan untuk menerima arus pada kondisi tertentu yang ditentukan oleh faktor tundaan dan kapasitas dengan klasifikasi nilai dari A hingga F (Permen Perhubungan Nomor KM 14 Tahun 2006). Tamin (2000) juga menjelaskan bahwa nilai tundaan dapat menentukan ITP (Indeks Tingkat Pelayanan) pada suatu simpang.

Tabel 3 Indeks Tingkat Pelayanan (ITP) (Tamin, 2000)

Tingkat Pelayanan	Tundaan (detik/kend)
A	$\leq 5,0$
B	5,10 - 15,0
C	15,1 - 25,0
D	25,1 - 40,0
E	40,1 - 60,0
F	$> 60$

## PTV Vissim 9.0

Menurut *Planung Transport Verkehr-AG* atau PTV-AG (2016), Vissim adalah perangkat lunak yang digunakan untuk memodelkan simulasi lalu lintas dan menganalisis kinerja persimpangan. Penggunaan Vissim dalam simulasi lalu lintas membutuhkan beberapa data masukan (*input*) yang kemudian diproses untuk membuat model simulasi, termasuk data geometrik, data lalu lintas dan karakteristik kendaraan. *Output* yang dihasilkan oleh PTV Vissim meliputi pergerakan lalu lintas (*movement*), panjang antrian (*Qlen*), tundaan (*VehDelay*) dan tingkat pelayanan (*level of service*).

## Kinerja Simpang pada 5 Tahun Mendatang

Kinerja simpang bersinyal pada 5 tahun mendatang dipengaruhi oleh jumlah dan presentase pertumbuhan lalu lintas yang terjadi pada setiap tahun. Peningkatan volume lalu lintas dapat dihitung melalui penerapan metode geometrik atau metode bunga majemuk, yaitu rata-rata dari metoda bunga majemuk per tahunnya. Pertumbuhan lalu lintas dapat dituliskan dalam persamaan bunga majemuk oleh Supranto (2000) sebagai berikut.

$$P_n = P_0(1 + r)^n \quad (7)$$

$$r = \frac{(P_1 - P_0)}{P_0} \times 100\% \quad (8)$$

dengan  $P_n$  = volume kendaraan tahun ke-n,  $P_0$  = volume kendaraan tahun awal,  $P_1$  = volume kendaraan setelah  $P_0$ ,  $r$  = persentase pertumbuhan per tahun, dan  $n$  = tahun ke-n

## 2. METODE PENELITIAN

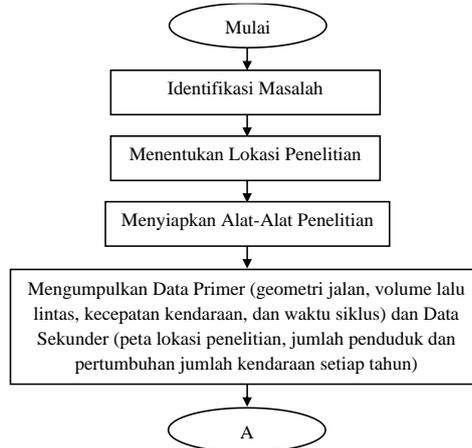
### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Simpang Galunggung (Jalan Galunggung-Jalan Bondowoso-Jalan Raya Tidar), Kota Malang selama 3 hari mencakup 1 hari libur dan 2 hari kerja, yaitu pada Hari Minggu (17 Desember 2023), Hari Selasa (19

Desember 2023) dan Hari Rabu (20 Desember 2023) dan dilakukan pada jam puncak atau jam-jam sibuk yang terbagi dalam 3 (tiga) waktu, yaitu pagi, siang, dan sore hari (06:30 - 08:30 WIB, 12:00 - 14:00 WIB, dan 16:00 - 18:00 WIB).

### Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilakukan guna memperoleh data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari rekaman CCTV Kota Malang yang terdapat pada *website* Kominfo Kota Malang dan survei lapangan untuk data lain yang tidak terlihat di CCTV. Data sekunder yang dibutuhkan berupa peta lokasi penelitian, data jumlah penduduk dan informasi tentang pertumbuhan jumlah kendaraan setiap tahun dari *website* Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Malang.



Gambar 1 Bagan Alir Pengumpulan Data

### Analisis Data

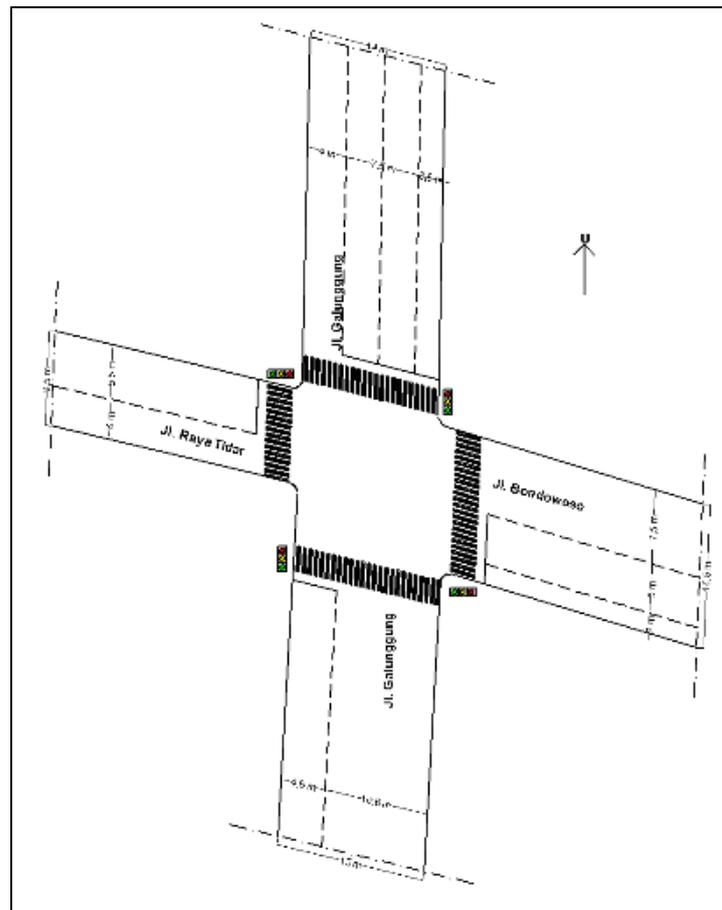
Analisis data penelitian terbagi menjadi dua metode, yaitu perhitungan berdasarkan PKJI 2023 dan pemodelan dengan program PTV Vissim 9.0.



Gambar 2 Bagan Alir Analisis Data

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simpang Galunggung terdapat empat fase lalu lintas, dimulai dengan fase pendekat Selatan selanjutnya pendekat Utara. Pada fase ketiga (Jalan Raya Tidar) terdapat fase pendek, dimana pendekat dari barat (Jalan Raya Tidar) menyala hijau beberapa detik dan kemudian lampu hijau menyala untuk arah yang berlawanan (Jalan Bondowoso).



Gambar 3 Kondisi Geometrik Simpang

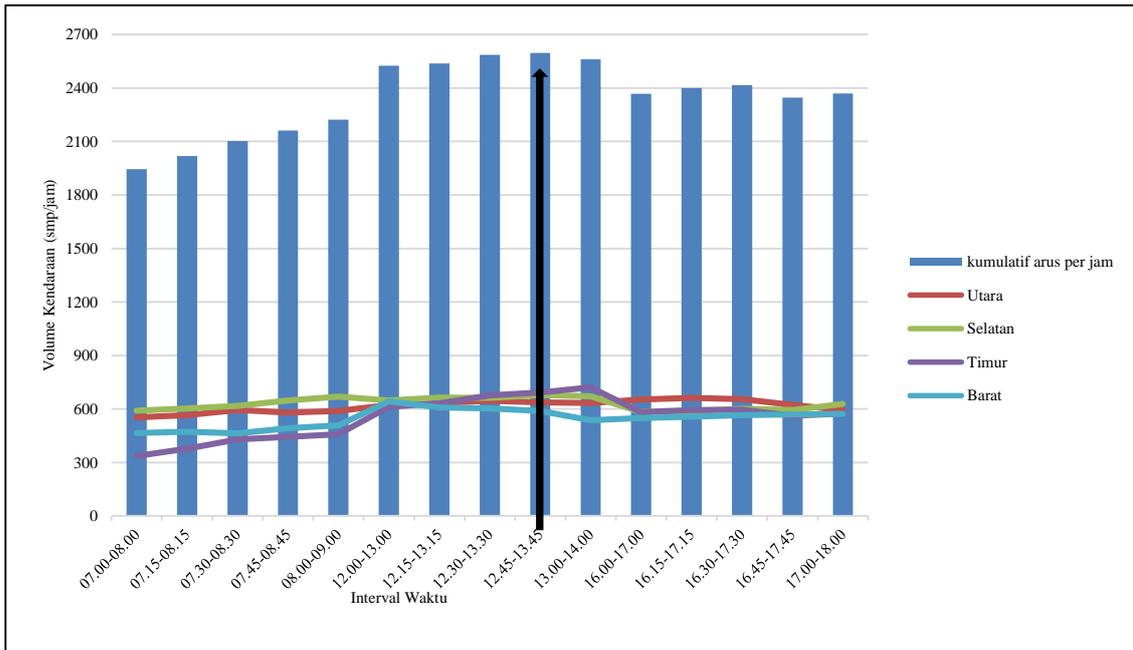
Tabel 4 Data Geometrik Simpang Galunggung

Nama Jalan	Lebar Pendekat (m)			
	pada lajur awal (L)	pada garis henti (L <sub>M</sub> )	pada lajur belok kiri (L <sub>BKLT</sub> )	pada lajur keluar (L <sub>K</sub> )
Jalan Galunggung (U)	10,0	7,5	2,5	10,5
Jalan Galunggung (S)	4,5	4,5		4,0
Jalan Bondowoso (T)	7,0	5,0	2,0	4,0
Jalan Raya Tidar (B)	5,5	5,5		7,5

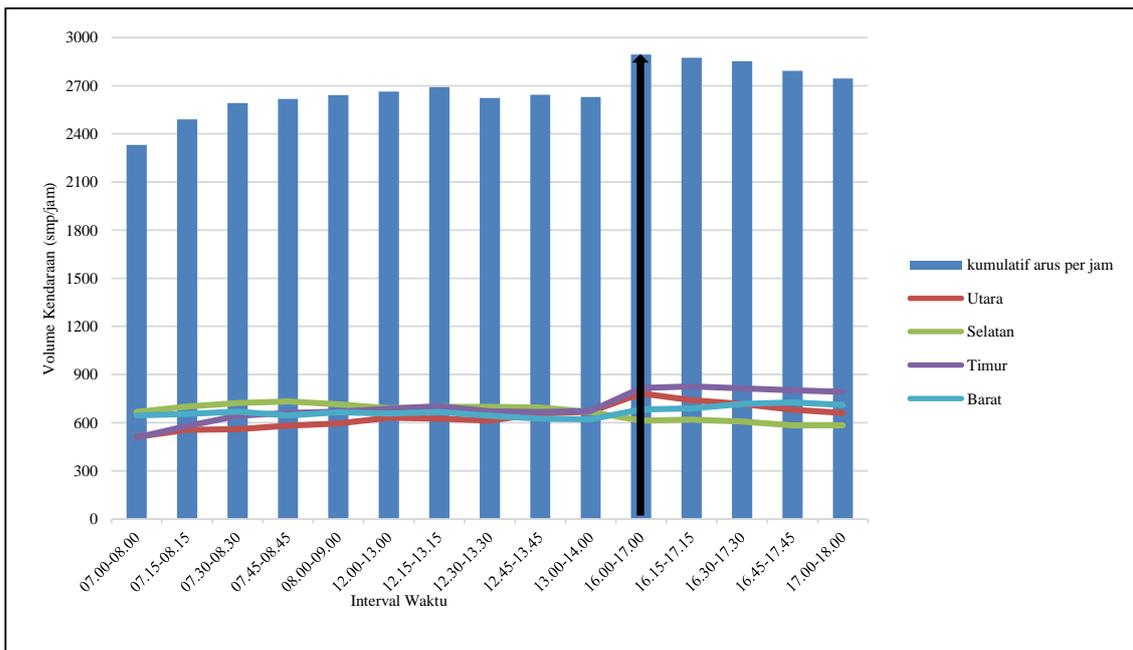
Hasil dari data penelitian dijabarkan sebagai berikut.

### Volume Lalu Lintas

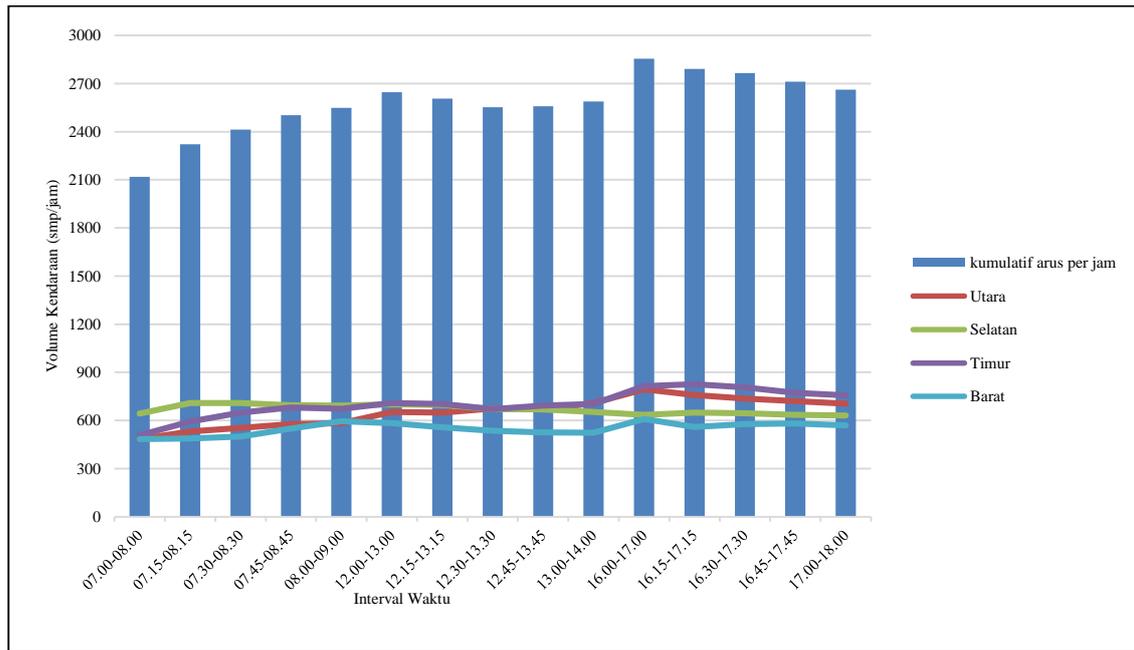
Rekapitulasi volume lalu lintas selama 3 hari (Minggu, Selasa dan Rabu) pada jam puncak tertera pada Gambar 4, 5 dan 6.



Gambar 4 Rekapitulasi Volume Arus Lalu Lintas pada Hari Minggu (dalam smp/jam)



Gambar 5 Rekapitulasi Volume Arus Lalu Lintas pada Hari Selasa (dalam smp/jam)



Gambar 6 Rekapitulasi Volume Arus Lalu Lintas pada Hari Rabu (dalam smp/jam)

Dari hasil hitung pencacahan kendaraan dari *screen recorder* pada CCTV dan survei yang dilakukan, dapat diketahui volume jam puncak pada hari libur (hari Minggu) diperoleh pada jam 12:45 s/d 13:45 dengan volume kendaraan sebesar 2596,2 smp/jam; sedangkan volume jam puncak mewakili hari kerja diperoleh pada hari Selasa jam 16:00 s/d 17:00 dengan volume kendaraan sebesar 2893,05 smp/jam.

### Perhitungan PKJI 2023 dan PTV Vissim 9.0

Rekapitulasi perhitungan kinerja simpang menggunakan PKJI 2023 dan PTV Vissim 9.0 kondisi eksisting tertera pada Tabel 5.

Tabel 5 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kinerja Simpang Menggunakan PKJI 2023 dan PTV Vissim 9.0 pada Kondisi Eksisting

Hari	Periode Waktu	Acuan	Hasil Analisis	
			Parameter	Nilai
Minggu	12.45 s/d 13.45	PKJI 2023	$D_j$	0,91258
			Tundaan (det/smp)	66,3237
		PTV Vissim 9.0	Tundaan (det/kend)	67,67
			$LoS$	E
Selasa	16.00 s/d 17.00	PKJI 2023	$D_j$	0,97065
			Tundaan (det/smp)	167,311
		PTV Vissim 9.0	Tundaan (det/kend)	71,37
			$LoS$	E

Berdasarkan nilai tundaan simpang rata-rata dari kedua metode perhitungan pada Tabel 4, maka Simpang Galunggung dikategorikan dalam tingkat pelayanan simpang F. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 14 (2006), kondisi tersebut menunjukkan bahwa arus lalu lintas pada persimpangan mengalami penundaan dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi serta antrian kendaraan yang panjang dan dapat menyebabkan kemacetan pada simpang. Hasil perhitungan PKJI 2023 dan PTV Vissim 9.0 memiliki nilai yang berbeda dikarenakan beberapa faktor, antara lain penggunaan satuan mobil penumpang (smp) pada PKJI 2023, PTV Vissim hanya dapat mensimulasikan pemodelan selama 600 detik hingga berlakunya penyesuaian perilaku pengendara (*driving behaviors*) pada PTV Vissim yang memiliki nilai yang berbeda-beda untuk setiap daerah.

### Solusi Alternatif 1

Alternatif pertama yang dicoba adalah pengaturan empat fase sinyal dengan perubahan gerakan dari pendekat Barat dan Timur yang semula bergerak secara bersamaan setelah 10 detik waktu hijau dirubah agar kedua pendekat tersebut bergerak secara bergantian. Rekapitulasi perhitungan kinerja simpang menggunakan PKJI 2023 dan PTV Vissim 9.0 untuk kondisi alternatif 1 ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kinerja Simpang Menggunakan PKJI 2023 dan PTV Vissim 9.0 pada Kondisi Alternatif 1

Hari	Periode Waktu	Acuan	Hasil Analisis	
			Parameter	Nilai
Minggu	12.45 s/d 13.45	PKJI 2023	$D_j$	0,86009
			Tundaan (det/smp)	52,0826
			Tingkat Pelayanan	E
		PTV Vissim 9.0	Tundaan (det/kend)	65,14
			$LoS$	E
Selasa	16.00 s/d 17.00	PKJI 2023	$D_j$	0,87982
			Tundaan (det/smp)	58,7739
			Tingkat Pelayanan	E
		PTV Vissim 9.0	Tundaan (det/kend)	67,6
			$LoS$	E

### Solusi Alternatif 2

Alternatif kedua yang akan dicoba adalah mengubah fase sinyal dari empat fase menjadi tiga fase. Rekapitulasi perhitungan kinerja simpang menggunakan PKJI 2023 dan PTV Vissim 9.0 untuk kondisi alternatif 2 ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kinerja Simpang Menggunakan PKJI 2023 dan PTV Vissim 9.0 pada Kondisi Alternatif 2

Hari	Periode Waktu	Acuan	Hasil Analisis	
			Parameter	Nilai
Minggu	12.45 s/d 13.45	PKJI 2023	$D_j$	0,80968
			Tundaan (det/smp)	31,2250
			Tingkat Pelayanan	D
		PTV Vissim 9.0	Tundaan (det/kend)	38,25
			$LoS$	D
Selasa	16.00 s/d 17.00	PKJI 2023	$D_j$	0,88471
			Tundaan (det/smp)	46,6831
			Tingkat Pelayanan	E
		PTV Vissim 9.0	Tundaan (det/kend)	52,03
			$LoS$	D

### Solusi Alternatif 3

Alternatif ketiga yang dicoba adalah mengubah fase sinyal dari empat fase menjadi tiga fase disertai dengan larangan belok kanan pada pendekat Timur dan Barat sehingga arus lalu lintas yang semula belok kanan dialihkan untuk bergerak lurus. Rekapitulasi perhitungan kinerja simpang menggunakan PKJI 2023 dan PTV Vissim 9.0 untuk kondisi alternatif 3 ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kinerja Simpang Menggunakan PKJI 2023 dan PTV Vissim 9.0 pada Kondisi Alternatif 3

Hari	Periode Waktu	Acuan	Hasil Analisis	
			Parameter	Nilai
Minggu	12.45 s/d 13.45	PKJI 2023	$D_j$	0,74148
			Tundaan (det/smp)	24,8349
		PTV Vissim 9.0	Tingkat Pelayanan	C
			Tundaan (det/kend)	31,09
			$LoS$	C
Selasa	16.00 s/d 17.00	PKJI 2023	$D_j$	0,76886
			Tundaan (det/smp)	27,3177
		PTV Vissim 9.0	Tingkat Pelayanan	D
			Tundaan (det/kend)	41,95
			$LoS$	D

Berdasarkan hasil perhitungan solusi alternatif diketahui bahwa alternatif 3 memperoleh hasil yang lebih baik dibandingkan alternatif 1 dan alternatif 2, sehingga pilihan alternatif 3 diharapkan dapat meningkatkan kinerja simpang.

### Kinerja Simpang pada 5 Tahun Mendatang

Data volume lalu lintas harian yang digunakan untuk prediksi 5 tahun mendatang adalah data jumlah kendaraan tahun 2015-2019 untuk mengetahui perkiraan peningkatan nilai volume lalu lintas dari tahun 2024 sampai tahun 2028. Data presentase pertumbuhan lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Data Presentase Pertumbuhan Kendaraan

No.	Tahun	Jumlah Kendaraan (kend)	Persentase Pertumbuhan (%)
1	2015	530584	
2	2016	567719	6,9989
3	2017	592772	4,4129
4	2018	596432	0,6174
5	2019	602973	1,0967
Jumlah			13,1259
Rata-rata			3,2815

Dari data diatas diperoleh nilai  $r = 3,2815\%$ . Nilai  $r$  ini berfungsi untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas dan kinerja simpang untuk kondisi alternatif 3 dimulai dari tahun 2024 hingga tahun 2028 menggunakan metode geometrik. Hasil perhitungan perkiraan pertumbuhan lalu lintas dalam 5 tahun ke depan ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10 Perkiraan Pertumbuhan Lalu Lintas

Tahun Ke-	Tahun	Total Kendaraan (kend)
0	2023	361496
1	2024	373358
2	2025	385610
3	2026	398264
4	2027	411333
5	2028	424831

Perhitungan prediksi kinerja pada Simpang Galunggung dimulai dari tahun 2023 sebagai tahun ke-0 karena penelitian dilaksanakan pada tahun 2023. Hasil perhitungan prediksi derajat kejenuhan, tundaan, dan tingkat pelayanan dalam 5 tahun ke depan untuk hari libur dan hari kerja dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Tabel 11 Prediksi Kinerja Simpang 5 Tahun Mendatang pada Hari Libur

Tahun Ke-	Tahun	Derajat Kejenuhan	Tundaan Rata-rata (det/smp)	Tingkat Pelayanan
0	2023	0,741479	24,88906	C
1	2024	0,756210	25,97921	D
2	2025	0,771043	27,32291	D
3	2026	0,785969	28,71471	D
4	2027	0,785969	30,37188	D
5	2028	0,816075	32,37359	D

Tabel 12 Prediksi Kinerja Simpang 5 Tahun Mendatang pada Hari Kerja

Tahun Ke-	Tahun	Derajat Kejenuhan	Tundaan Rata-rata (det/smp)	Tingkat Pelayanan
0	2023	0,768861	27,31766	D
1	2024	0,782460	28,61474	D
2	2025	0,797453	30,23592	D
3	2026	0,812528	32,10202	D
4	2027	0,827677	34,27619	D
5	2028	0,842893	36,84576	D

Dari Tabel 11 dan Tabel 12 diatas menunjukkan bahwa Simpang Galunggung pada kondisi alternatif 3 untuk 5 tahun mendatang diperoleh bahwa kondisi alternatif 3 tersebut dapat bertahan sampai tahun ke-5 yaitu tahun 2028 dengan nilai derajat kejenuhan pada tahun ke-5 sebesar 0,816075 (hari libur) dan 0,842893 (hari kerja). Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2023), nilai derajat kejenuhan tersebut dianggap memiliki kinerja yang masih baik.

#### 4. KESIMPULAN

Evaluasi kinerja simpang pada Simpang Galunggung Kota Malang untuk kondisi eksisting berada pada kondisi jenuh yang ditunjukkan dengan nilai derajat kejenuhan lebih dari 0,85 yaitu sebesar 0,91258 pada hari libur dan 0,97065 pada hari kerja dengan kategori tingkat pelayanan simpang F yang artinya memiliki kinerja yang buruk. Untuk itu diperlukan adanya solusi alternatif. Solusi alternatif seperti perubahan sinyal dan pengalihan arus lalu lintas termasuk larangan belok kanan dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja persimpangan menjadi lebih optimal. Kondisi simpang pada alternatif tersebut dianggap memiliki kinerja yang masih baik hingga tahun ke-5 (2028) setelah dilakukan penelitian dengan nilai derajat kejenuhan 0,815369.

#### Saran

Saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Perlunya evaluasi kinerja simpang secara berkala oleh institusi terkait dilihat dari kondisi simpang empat bersinyal pada Simpang Galunggung yang cukup padat pada kondisi jam puncak sehingga menimbulkan antrian yang panjang dan nilai tundaan yang besar.
2. Dalam upaya meningkatkan kinerja simpang pada Simpang Galunggung Kota Malang, perlu dilakukan analisis yang lebih lanjut untuk menguji beberapa alternatif yang telah disebutkan guna mendapatkan hasil kinerja simpang yang lebih baik.
3. Pengembangan penelitian berdasarkan arus yang masuk pada simpang dibelakang garis henti sebelum melewati persimpangan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, A. A. Kent. (2008). *Rekayasa Lalu Lintas* (edisi revisi). UMM Press.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2023). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)*. Kementerian Umum dan Perumahan Rakyat.
- Khisty, C. Jotin, & Lall, B. Kent. (2005). *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi Jilid 1* (edisi ke 3). Terjemahan Fidel Miro, MStr. ERLANGGA.
- Kirono, J. C., Puspasari, N., & Handayani, N. (2018). Analisis Koordinasi Sinyal Antar Simpang (Studi Kasus Jalan Rajawali-Tingang Dan Jalan Rajawali-Garuda). *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 6(2), 109-123. <https://doi.org/10.33084/mits.v6i2.250>.

- Pebriyetti, S., & Widodo, S. (2014). Penggunaan Software Vissim Untuk Analisa Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Jalan Veteran, Gajahmada, Pahlawan Dan Budi Karya Pontianak, Kalimantan Barat). *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 5(3), 1-14. <http://dx.doi.org/10.26418/jelast.v5i3.29317>.
- Peraturan Menteri Perhubungan. (2006). *Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan* (Nomor KM 10). <https://jdih.maritim.go.id/id/peraturan-menteri-perhubungan-no-14-tahun-2006>.
- Peraturan Menteri Perhubungan. (2020). *Pedoman Pelaksanaan Penyelenggaraan Kewajiban Pelayanan Publik Untuk Angkutan Barang di Jalan Dari dan ke Daerah Tertinggal, Terpencil, Terluar, dan Perbatasan* (Nomor PM 10). <https://jdih.kemenuh.go.id/peraturan/detail>.
- PTV Group. (2016). *PTV Vissim 9 User Manual*. PTV AG.
- Supranto, J. (2000). *Statistik Teori dan Aplikasi Jilid 1* (edisi keenam). ERLANGGA.
- Syaikhu, M. & Widodo, E. (2016). Analisa Kapasitas dan Tingkat Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Tiga Purwosari Kabupaten Pasuruan). *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 1(1), 1-9. <https://doi.org/10.33366/rekabuana.v1i1.639>.
- Tamin, O. Z. (2000). *Perencanaan & Pemodelan Transportasi* (edisi kedua). PENERBIT ITB.
- Undang-Undang Republik Indonesia. (2009). *Lalu Lintas dan Angkutan Jalan* (Nomor 22). [https://jdih.maritim.go.id/cfind/source/files/uu/uu\\_no.22\\_tahun\\_2009.pdf](https://jdih.maritim.go.id/cfind/source/files/uu/uu_no.22_tahun_2009.pdf).
- Wikrama, Jaya A.A.N.A. (2011). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Teuku Umar Barat – Jalan Gunung Salak). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 15(1), 58–71. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jits/article/view/3611>