

# Analisis *Level of Service* Simpang APILL 3-kaki Jembatan Soekarno-Hatta Kota Malang dengan PKJI 2023

Lila Kurnia Wardani<sup>1</sup>, Ali Mokhtar<sup>2</sup>, Taufikkurrahman<sup>1</sup>, Dian Agung Saputro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Wisnuwardhana Malang, Jl. Danau Sentani 99 Malang

<sup>2</sup>Program Profesi Insinyur, Universitas Muhammadiyah Malang, Jl. Raya Tlogomas 246 Malang

Kontak Person:

Lila Kurnia Wardani

Universitas Wisnuwardhana Malang

E-mail: [lila.wardani@wisnuwardhana.ac.id](mailto:lila.wardani@wisnuwardhana.ac.id)

## Abstrak

Kawasan Jl. Soekarno-Hatta merupakan salah satu kawasan yang strategis di Kota Malang. Jl. Soekarno-Hatta terhubung dengan Jl. Mayjen Panjaitan dan Jl. MT Haryono membentuk sebuah persimpangan, yaitu Simpang APILL 3-kaki Jl. Soekarno-Hatta – Jl. Mayjen Panjaitan – Jl. MT Haryono yang selanjutnya disebut sebagai Simpang Jembatan Soehat. Pada jam puncak eksisting (saat ini) sering dijumpai kemacetan pada Simpang Jembatan Soehat. Kemacetan ini dapat dengan mudah diidentifikasi secara visual dari panjangnya antrian kendaraan di Jl. Soekarno-Hatta dan Jl. Mayjen Panjaitan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja Simpang Jembatan Soehat pada kondisi eksisting dan juga 5 (lima) tahun mendatang dengan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dengan hasil sebagai berikut: 1) Pada jam puncak eksisting (saat ini) sering dijumpai kemacetan pada Simpang Jembatan Soehat. Pada kondisi eksisting jam puncak pagi, level of service simpang adalah E dengan tundaan sebesar 52,39 detik/smp dan derajat kejenuhan 0,977. Sedangkan pada jam puncak sore, level of service simpang adalah F dengan tundaan sebesar 124,12 detik/smp dan derajat kejenuhan 1,082. Pada kondisi ini Simpang Jembatan Soehat sudah membutuhkan perhatian karena level of service berada pada level E-F dan derajat kejenuhan mendekati 1; dan 2) Pada kondisi 5 tahun mendatang jam puncak pagi, level of service simpang adalah F dengan tundaan sebesar 263,56 detik/smp dan derajat kejenuhan 1,235. Sedangkan pada jam puncak sore, level of service simpang juga diperkirakan F dengan tundaan sebesar 397,52 detik/smp dan derajat kejenuhan 1,368. Pada kondisi ini juga terjadi antrian kendaraan > 1 km yang dapat menyebabkan terbuangnya waktu tempuh kendaraan di jalan.

**Kata kunci:** level of service, simpang APILL, PKJI 2023

## 1. PENDAHULUAN

Kota Malang merupakan salah satu kota terbesar di Jawa Timur setelah Kota Surabaya yang menjadi ibukota provinsi, dengan jumlah penduduk pada tahun 2023 tercatat sebesar 846.126 jiwa [1]. Adalah Kota Pendidikan, Kota Industri, dan Kota Pariwisata yang menjadi semangat daya saing Kota Malang dibandingkan dengan daerah lain yang diusung dalam Tri Bina Cita Kota Malang [2]. Sebagai kota yang memiliki banyak potensi, Kota Malang menarik perhatian banyak pendatang dengan bermacam tujuan, baik pendatang yang tinggal sementara maupun yang pada akhirnya menetap di Kota Malang. Jumlah penduduk yang terus meningkat berakibat pada meningkatnya jumlah pergerakan atau mobilitas masyarakat dalam rangka pemenuhan kebutuhan hidupnya [3]. Hal ini akan bermuara pada kinerja ruas jalan dan persimpangan yang ada di Kota Malang, terutama jalan yang berada pada lokasi strategis.

Kawasan Jl. Soekarno-Hatta merupakan salah satu kawasan yang strategis di Kota Malang. Di dalamnya terdapat banyak pusat kegiatan, antara lain terdapat kampus Polinema dan kampus Universitas Brawijaya, pertokoan, restoran dan warung, apartemen, bank, serta pusat perdagangan dan jasa yang lainnya. Selain itu Jl. Soekarno-Hatta terhubung dengan Jl. Mayjen Panjaitan dan Jl. MT Haryono membentuk sebuah persimpangan, yaitu Simpang APILL 3-kaki Jl. Soekarno-Hatta – Jl. Mayjen Panjaitan – Jl. MT Haryono yang selanjutnya disebut sebagai Simpang Jembatan Soehat. Seperti namanya, pada persimpangan ini Jl. Soekarno-Hatta menuju ke simpang dihubungkan dengan jembatan, yaitu jembatan rangka baja untuk arah utara-selatan dan jembatan beton prestress untuk arah selatan-utara. Sebagai persimpangan yang berada di dalam kawasan yang strategis, volume lalu lintas yang melewati Simpang Jembatan Soehat cukup besar, yang berasal dari jenis kendaraan sepeda motor, mobil penumpang, dan kendaraan sedang.

Pada penelitian terdahulu ditemukan bahwa pada jam puncak ruas Jl. Soekarno-Hatta arah utara-selatan yang merupakan pendekat utara dari Simpang Jembatan Soehat memiliki level of service (LoS)

C [4]. Selain karena banyaknya pusat kegiatan, penyebab kepadatan ini juga karena cukup banyaknya jalan-jalan akses menuju perumahan yang bermuara di ruas Jl. Soekarno-Hatta. Hal ini berpengaruh pula pada kinerja Simpang Jembatan Soehat karena jarak dari jalan-jalan akses tadi cukup dekat dengan simpang. Di sepanjang jalan tidak ada u-turn yang dapat memecah pergerakan dan volume lalu lintas sehingga semua akan melewati dan membebani simpang.

Pada suatu persimpangan jika panjang antrian sudah melebihi yang ditentukan, maka kinerja pada simpang tersebut sudah tidak efisien lagi [5]. Pada jam puncak eksisting (saat ini) sering dijumpai kemacetan pada Simpang Jembatan Soehat. Kemacetan ini dapat dengan mudah diidentifikasi secara visual dari panjangnya antrian kendaraan di Jl. Soekarno-Hatta (pendekat utara) dan Jl. Mayjen Panjaitan (pendekat timur). Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian ini yang bertujuan untuk menganalisis kinerja Simpang Jembatan Soehat pada kondisi eksisting dan juga 5 (lima) tahun mendatang.

## 2. METODE PENELITIAN

Persimpangan yang dikaji pada penelitian ini merupakan simpang yang dilengkapi dengan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL), yaitu Simpang APILL 3-kaki Jalan Soekarno-Hatta yang selanjutnya disebut dengan Simpang Jembatan Soehat. Data-data yang diperlukan adalah: 1) Data Sekunder berupa peta digital lokasi kajian dan data jumlah penduduk kota; serta 2) Data Primer berupa data volume lalu lintas, data kondisi lingkungan sekitar, dan data geometrik simpang.

Untuk mendapatkan data volume lalu lintas dilakukan survey pencacahan lalu lintas (traffic counting) selama 2 (dua) waktu, yaitu pagi dan sore hari. Pengumpulan data lalu lintas dilakukan dengan piar waktu 5 menit. Pada kajian ini kendaraan diklasifikasikan ke dalam 3 (tiga) jenis, yaitu sepeda motor (SM), mobil penumpang (MP), dan kendaraan sedang (KS). Data mengenai kondisi lingkungan sekitar dilakukan dengan pengamatan visual terhadap kegiatan di sekitar simpang sekaligus menginventarisasi kelengkapan jalan berupa rambu dan marka. Sedangkan data geometrik simpang dilakukan dengan melakukan survey geometrik, yaitu mengukur lebar badan jalan persimpangan dan menuangkannya dalam bentuk gambar geometrik.

Untuk mengetahui kinerja persimpangan dilakukan analisis data berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023. Ketentuan perhitungan kapasitas Simpang APILL untuk evaluasi dan perencanaan simpang menggunakan APILL meliputi penetapan waktu-waktu syarat, kapasitas, derajat kejenuhan, panjang antrian, rasio kendaraan henti, dan tundaan [6].

### 2.1 Kapasitas Simpang APILL

Kapasitas simpang merupakan volume lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan oleh persimpangan selama 1 (satu) jam dalam kondisi tertentu yang melingkupi geometri, lingkungan, dan lalu lintas. Kapasitas simpang memiliki satuan smp/jam dan dihitung dengan persamaan berikut.

$$C = J \times W_H / s \quad (1)$$

### 2.2 Arus Jenuh

Arus jenuh adalah besarnya arus lalu lintas keberangkatan antrian dari dalam suatu pendekat selama kondisi yang ada. Arus jenuh memiliki satuan smp/jam dan dihitung dengan persamaan berikut.

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \quad (2)$$

### 2.3 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan persimpangan adalah rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat. Derajat kejenuhan dihitung dengan persamaan berikut.

$$D_J = q / C \quad (3)$$

## 2.4 Panjang Antrian

Jumlah rata-rata antrian kendaraan (smp) pada awal isyarat lampu hijau ( $N_q$ ) dihitung sebagai jumlah kendaraan terhenti (smp) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya ( $N_{q1}$ ) ditambah jumlah kendaraan (smp) yang datang dan terhenti dalam antrian selama fase merah ( $N_{q2}$ ). Panjang antrian (m) dihitung dengan persamaan berikut.

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

Jika,

$$D_j \leq 0,5; \text{ maka } N_{q1} = 0$$

$$D_j > 0,5; \text{ maka}$$

$$N_{q1} = 0,25 \times s \times \left[ \left( D_j - 1 + \sqrt{(D_j - 1)^2 + \frac{8 \times (D_j - 0,5)}{c}} \right) \right] \quad (5)$$

$$N_{q2} = s \times \frac{1 - R_H}{1 - R_H - D_j} \times \frac{q}{3600} \quad (6)$$

$$P_A = \frac{N_q \times 20}{L_M} \quad (7)$$

## 2.5 Rasio Kendaraan Henti

Rasio kendaraan henti adalah rasio kendaraan pada pendekatan yang harus berhenti akibat isyarat merah sebelum melewati suatu Simpang APILL terhadap jumlah arus pada fase yang sama pada pendekatan tersebut. Rasio kendaraan henti dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_q}{q \times s} \times 3600 \quad (8)$$

## 2.6 Tundaan

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang digunakan pengemudi untuk melalui suatu simpang apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa simpang. Hambatan yang mungkin terjadi pada simpang disebabkan adanya antrian mulai dari kendaraan masuk ke persimpangan sampai dengan kendaraan tersebut keluar dari persimpangan. Pada suatu Simpang APILL, tundaan terjadi karena 2 (dua) hal, yaitu 1) tundaan lalu lintas ( $T_{LL}$ ) dan 2) tundaan geometri ( $T_G$ ).

$$T_i = T_{LL} + T_G \text{ (detik/smp)} \quad (9)$$

$$T_{LL} = s \times \frac{0,5 \times (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_j)} + \frac{N_{q1} \times 3600}{c} \quad (10)$$

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \quad (11)$$

## 2.7 Level of Service (LoS)

Tingkat pelayanan atau level of service (LoS) persimpangan ditentukan berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas. Penetapan tingkat pelayanan bertujuan untuk menetapkan tingkat pelayanan pada suatu persimpangan. Tingkat pelayanan harus memenuhi indikator: 1) rasio antara volume dan kapasitas jalan; 2) kecepatan yang merupakan kecepatan batas atas dan kecepatan batas bawah yang ditetapkan berdasarkan kondisi daerah; 3) waktu perjalanan; 4) kebebasan bergerak; 5) keamanan; 6) keselamatan; 7) ketertiban; 8) kelancaran; dan 9) penilaian pengemudi terhadap kondisi arus lalu lintas [7]. Berikut merupakan tingkatan pada LoS persimpangan.

Tabel 1 Tingkat Pelayanan Persimpangan

Tingkat Pelayanan	Tundaan (detik per kendaraan)
A	< 5
B	5 – 15
C	15 – 25
D	25 – 40
E	40 – 60
F	> 60

Sumber: Permenhub No. 96 Tahun 2015

## 2.8 Analisis Kondisi 5 Tahun

Analisis kondisi 5 tahun mendatang dilakukan dengan memproyeksikan pertumbuhan volume lalu lintas. Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data-data pertumbuhan series (historical growth data) atau formulasi korelasi dengan factor pertumbuhan yang berlaku [8]. Berikut merupakan factor laju pertumbuhan lalu lintas menurut Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 dari Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Tabel 2 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas ( $i$ )(%)

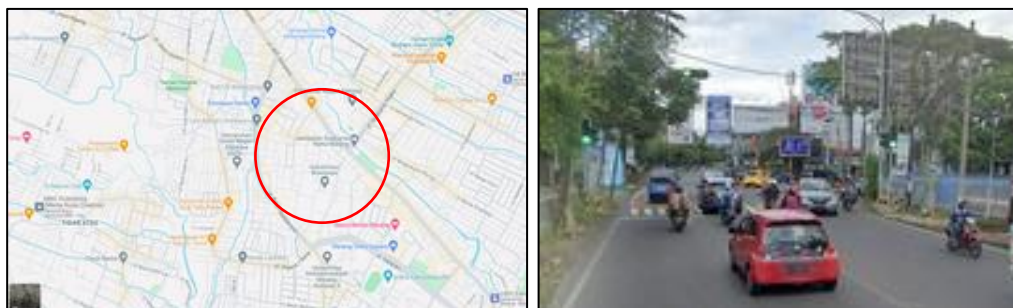
	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,44	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber: Manual Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

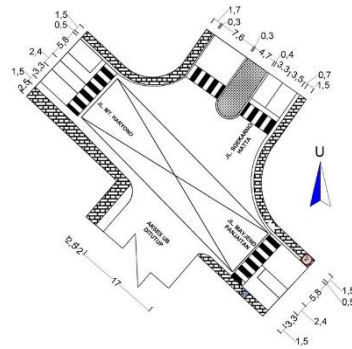
### 3.1 Kondisi Lingkungan dan Geometrik

Letak Simpang Jembatan Soehat sangat dekat dengan Universitas Brawijaya yang membentang dari Jl. MT Haryono sampai Jl. Mayjen Panjaitan, dan juga Polinema yang berada di Jl. Soekarno-Hatta. Keduanya merupakan kampus besar yang setiap harinya merupakan tempat berkegiatan civitas akademiknya. Perkembangan guna lahan di sekitar persimpangan ini sedikit banyak dipengaruhi oleh keberadaan kampus-kampus ini, yaitu banyaknya pusat-pusat kegiatan yang muncul untuk memenuhi kebutuhan civitas akademik kampus, terutama mahasiswa. Sebagai contoh dari pusat kegiatan itu adalah indekos, apartemen, restoran dan warung, pertokoan, serta pusat perdagangan dan jasa lainnya. Berikut merupakan peta lokasi dan gambaran kondisi lingkungan di sekitar Simpang Jembatan Soehat.



Gambar 1 Peta Lokasi dan Kondisi Lingkungan Simpang Jembatan Soehat

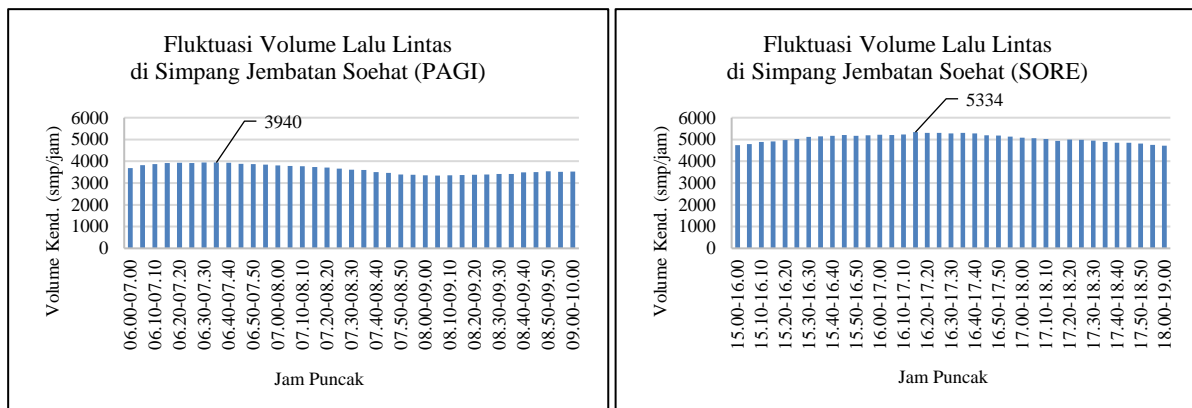
Berdasarkan survey geometrik di lapangan di dapatkan bahwa ruas Jl. Soekarno-Hatta sebagai pendekat utara simpang merupakan ruas jalan 4/2 T, sedangkan Jl. Mayjen Panjaitan dan Jl. MT Haryono merupakan jalan 4/2 TT. Persimpangan sudah dilengkapi dengan rambu dan marka, serta terdapat beberapa segmen jalan dilengkapi dengan trotoar untuk pejalan kaki. Berikut merupakan gambar geometrik Simpang Jembatan Soehat.



Gambar 2 Geometrik Simpang Jembatan Soehat

Simpang Jembatan Soehat merupakan simpang APILL 2-fase. Fase 1 adalah pendekat utara, fase 2 adalah pendekat timur, dan pendekat barat merupakan pergerakan kendaraan belok kiri langsung yang tidak diatur oleh APILL. Dengan demikian pergerakan dari setiap pendekat adalah terlindungi (protected). Ekuivalensi Mobil Penumpang (emp) untuk fase terlindungi adalah: sepeda motor 0,15; mobil penumpang 1; dan kendaraan sedang 1,3.

Untuk melakukan analisis kinerja persimpangan terlebih dahulu ditentukan jam puncak di mana volume lalu lintas terbesar terjadi. Penentuan jam puncak berdasarkan hasil survey yang diolah menjadi grafik fluktuasi lalu lintas sebagai berikut.



Gambar 3 Fluktuasi Lalu Lintas di Simpang Jalan Soekarno-Hatta

Berdasarkan fluktuasi tersebut pada Simpang Jembatan Soehat jam puncak pagi terjadi pada pukul 06.35 – 07.35 dan pada sore hari terjadi pada pukul 16.15 – 17.15. Selanjutnya analisis kinerja persimpangan akan dilakukan berdasarkan volume lalu lintas pada jam puncak tersebut. Berikut merupakan jumlah volume lalu lintas di Simpang Jalan Soekarno-Hatta pada jam puncak pagi dan sore hari.

Tabel 3 Volume Lalu Lintas di Simpang Jalan Soekarno-Hatta

Pendekat	Arah	Volume Jam Puncak (smp/jam)	
		Pagi (06.35 – 07.35)	Sore (16.15 – 17.15)
Utara	Belok Kiri	1225	980
	Belok Kanan	846	840
Timur	Lurus	230	555
	Belok Kanan	726	859
Barat	Belok Kiri	913	2100

### 3.2 Kinerja Persimpangan

#### 3.2.1 Kinerja Persimpangan Eksisting

Kinerja persimpangan ditampilkan dalam beberapa kriteria, yaitu derajat kejenuhan ( $D_J$ ), panjang antrian ( $P_A$ ), rasio kendaraan henti ( $R_{KH}$ ), dan tundaan ( $T$ ). Berikut merupakan hasil analisis yang dilakukan terhadap data volume jam puncak dan data geometrik sehingga didapatkan kinerja Simpang Jembatan Soehat.

Tabel 4 Kinerja Simpang Jembatan Soehat

Waktu	Pendekat	Volume (smp/jam)	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Rasio Kendaraan Henti	Tundaan (detik/smp)
Pagi	Utara	846	865	0,977	313,40	1,10	52,39
	Timur	726	743	0,977	376,86	1,12	
Sore	Utara	840	776	1,082	498,19	1,76	124,12
	Timur	859	794	1,082	718,23	1,81	

Pada pagi hari volume lalu lintas terbesar adalah berasal dari pendekat utara, yaitu Jembatan Soehat yang terhubung dengan Jl. Soekarno-Hatta. Derajat kejenuhan simpang adalah 0,977 dan panjang antrian kendaraan  $> 300$  meter. Tundaan simpang sebesar 52,39 detik/smp sehingga menghasilkan *level of service* (LoS) E.

Pada sore hari volume lalu lintas terbesar adalah berasal dari pendekat timur, yaitu Jl. Mayjen Panjaitan. Derajat kejenuhan simpang adalah 1,082 dan panjang antrian terpanjang 718,23 m di pendekat timur. Tundaan simpang sebesar 124,12 detik/smp sehingga menghasilkan *level of service* (LoS) F.

#### 3.2.2 Kinerja Persimpangan 5 Tahun Mendatang

Untuk mendapatkan perkiraan kondisi Simpang Jembatan Soehat 5 tahun mendatang digunakan angka pertumbuhan 4,8% sehingga didapatkan kinerja persimpangan sebagai berikut.

Tabel 5 Kinerja Simpang Jembatan Soehat 5 Tahun Mendatang

Waktu	Pendekat	Kondisi	Volume (smp/jam)	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Rasio Kendaraan Henti	Tundaan (detik/smp)
Pagi	Utara	Eksisting	846	865	0,977	313,40	1,10	52,39
		5 Tahun	1096	865	1,235	1035,56	2,88	263,56
	Timur	Eksisting	726	743	0,977	376,86	1,12	52,39
		5 Tahun	918	743	1,235	1248,98	2,94	263,56
Sore	Utara	Eksisting	840	776	1,082	498,19	1,76	124,12
		5 Tahun	1062	776	1,368	1305,26	3,65	397,52
	Timur	Eksisting	859	794	1,082	718,23	1,81	124,12
		5 Tahun	1086	794	1,368	2044,50	4,06	397,52

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terdapat perubahan kinerja simpang pada kondisi 5 tahun mendatang. Pada jam puncak pagi derajat kejenuhan naik dari 0,977 menjadi 1,235; panjang antrian naik menjadi > 1 km; dan rasio kendaraan henti menjadi lebih dari 2 kali lipat. Tundaan simpang naik dari 52,39 detik/smp menjadi 263,56 detik/smp yang berarti terjadi penurunan *level of service* (LoS) dari E ke F. Sedangkan pada jam puncak sore derajat kejenuhan naik dari 1,082 menjadi 1,368; panjang antrian naik menjadi > 1 km; dan rasio kendaraan henti menjadi lebih dari 2 kali lipat. Tundaan simpang naik dari 124,12 detik/smp menjadi 397,52 detik/smp, sehingga *level of service* (LoS) F.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pada kondisi eksisting jam puncak pagi, *level of service* (LoS) Simpang Jembatan Soehat adalah E dengan tundaan simpang sebesar 52,39 detik/smp dan derajat kejenuhan 0,977. Sedangkan pada jam puncak sore, LoS simpang adalah F dengan tundaan simpang sebesar 124,12 detik/smp dan derajat kejenuhan 1,082. Pada kondisi ini Simpang Jembatan Soehat sudah membutuhkan perhatian karena LoS berada pada level E-F dan derajat kejenuhan mendekati 1.
2. Pada kondisi 5 tahun mendatang jam puncak pagi, diperkirakan *level of service* (LoS) Simpang Jembatan Soehat adalah F dengan tundaan simpang sebesar 263,56 detik/smp dan derajat kejenuhan 1,235. Sedangkan pada jam puncak sore, LoS simpang juga diperkirakan F dengan tundaan simpang sebesar 397,52 detik/smp dan derajat kejenuhan 1,368. Pada kondisi ini juga terjadi antrian kendaraan > 1 km yang dapat menyebabkan terbuangnya waktu tempuh kendaraan di jalan.

Berdasarkan simpulan hasil penelitian maka diperlukan penanganan terhadap Simpang Jembatan Soehat untuk menjaga dan/atau menaikkan kinerjanya. Hal ini menjadi rencana penelitian selanjutnya, yaitu analisis penanganan kinerja Simpang Jembatan Soehat dengan melakukan rekayasa lalu lintas dan pelebaran jalan.

#### Daftar Notasi

$C$	: kapasitas simpang APILL, smp/jam
$J$	: arus jenuh, smp/jam
$W_H$	: total waktu hijau dalam satu siklus, detik
$s$	: waktu siklus, detik
$J$	: arus jenuh, smp/jam
$J_0$	: arus jenuh dasar, smp/jam
$F_{HS}$	: faktor koreksi $J_0$ akibat hambatan samping lingkungan jalan
$F_{UK}$	: faktor koreksi $J_0$ terkait ukuran kota
$F_G$	: faktor koreksi $J_0$ akibat kelandaian memanjang pendekat
$F_P$	: faktor koreksi $J_0$ akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama
$F_{BK_i}$	: faktor koreksi $J_0$ akibat arus lalu lintas yang membelok ke kiri
$F_{BK_a}$	: faktor koreksi $J_0$ akibat arus lalu lintas yang membelok ke kanan
$D_J$	: derajat kejenuhan
$q$	: volume lalu lintas, smp/jam
$N_q$	: jumlah rata-rata antrian kendaraan (smp) pada awal isyarat hijau
$s$	: waktu siklus, detik
$q$	: arus lalu lintas dari pendekat yang ditinjau, smp/jam

#### REFERENSI

- [1] Badan Pusat Statistik Kota Malang, "Kota Malang Dalam Angka 2023," Malang, 2023.
- [2] L. K. Wardani and S. Dian Agung, "KAJIAN DAMPAK LALU LINTAS UNIVERSITAS WISNUWARDHANA MALANG," SISTEM - Jurnal Ilmu-ilmu Teknik, vol. 15, no. 1, pp. 11–18, Apr. 2019.

- [3] S. Tamara and H. Sasana, "ANALISIS DAMPAK EKONOMI DAN SOSIAL AKIBAT KEMACETAN LALU LINTAS DI JALAN RAYA BOGOR-JAKARTA," *Jurnal REP (Riset Ekonomi Pembangunan)*, vol. 2, no. 2, pp. 185–196, Apr. 2017, doi: 10.31002/rep.v2i3.529.
- [4] L. K. Wardani and D. Agung, "ANALISIS KEMACETAN DI RUAS JL. SOEKARNO-HATTA ARAH UTARA SELATAN AKIBAT PERGERAKAN DI JALAN AKSES," *SISTEM - Jurnal Ilmu-ilmu Teknik*, vol. 17, no. 2, pp. 15–21, Aug. 2021, doi: <https://doi.org/10.37303/sistem.v17i2.212>.
- [5] I. Mamu, Y. Kadir, and I. Patuti, "EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL JALAN J. A. KATILI-JALAN TONDANO-JALAN MADURA DENGAN METODE PKJI," *Composite Journal*, vol. 1, pp. 9–16, Jan. 2021, doi: 10.37905/cj.v1i1.5.
- [6] Direktorat Jenderal Bina Marga, "Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023," Kementerian PUPR, Jakarta, 2023.
- [7] Menteri Perhubungan Republik Indonesia, Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas. 2015.
- [8] Direktorat Jenderal Bina Marga, "Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017," Jakarta, 2017.