ANALISIS KINERJA SIMPANG TIGA TAK BERSINYAL DAN BOK PADA JL.SUROPATI –DIPONEGORO – PANGLIMA SUDIRMAN GONDANGLEGI WETAN

Emilia Kartika Sugianto[1]

[1]*Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang, Jl. Sigura-Gura No.2, Malang*
Email:emiliakartika001@gmail.com

ABSTRACT

Congestion at the unsignalized intersection of Jl. Suropati – Jl. Diponegoro – Jl. Panglima Sudirman, Gondanglegi Wetan, is caused by market activity, on-street parking, and irregular vehicle maneuvers. These factors reduce road capacity, increase delay, and affect vehicle operating costs (VOC). Since the intersection serves both local and regional traffic, including heavy vehicles, performance analysis is needed to assess efficiency and economic losses from congestion.This study applies the Indonesian Highway Capacity Manual (PKJI) 2023 for performance analysis, while VOC calculation refers to the Ministry of Public Works method (2005). Data were obtained from traffic counts, speed measurements, and geometric surveys conducted on Sunday and Monday. The analysis covered capacity, degree of saturation (DS), average delay, level of service (LOS), and VOC components such as fuel, oil, tires, and spare parts.Results indicate an intersection capacity of 31,598 pcu/hour, highest DS of 0.35, and average delay of 8.83 seconds/vehicle, corresponding to LOS B. However, congestion losses still occurred, particularly on Monday: Jl. Diponegoro Rp441,688/hour, Jl. Panglima Sudirman Rp477,090/hour, and Jl. Suropati Rp269,896/hour. The findings confirm that side friction and irregular maneuvers generate significant costs for road users.

Keywords: unsignalized intersection, PKJI 2023, traffic performance, delay, vehicle operating cost (VOC).

ABSTRAK

Kemacetan pada simpang tak bersinyal Jl. Suropati – Jl. Diponegoro – Jl. Panglima Sudirman, Gondanglegi Wetan, dipengaruhi aktivitas pasar, parkir liar, serta manuver kendaraan tidak teratur. Kondisi ini menurunkan kapasitas, meningkatkan tundaan, dan berdampak pada biaya operasional kendaraan (BOK). Mengingat simpang melayani lalu lintas lokal dan regional, termasuk kendaraan berat, analisis kinerja diperlukan untuk menilai efisiensi serta kerugian akibat kemacetan.Penelitian ini menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 untuk analisis kinerja, sedangkan perhitungan BOK mengacu pada metode Departemen Pekerjaan Umum (2005). Data dikumpulkan melalui survei volume lalu lintas, kecepatan kendaraan, dan kondisi geometri simpang pada hari Minggu dan Senin. Analisis meliputi kapasitas, derajat kejenuhan (DJ), tundaan, tingkat pelayanan (LOS), serta komponen BOK.Hasil penelitian menunjukkan kapasitas simpang 31.598 smp/jam, DJ tertinggi 0,35, dan tundaan rata-rata 8,83 detik/kendaraan dengan LOS kategori B. Meski demikian, kerugian tetap terjadi, khususnya hari Senin: Jl. Diponegoro Rp441.688/jam, Jl. Panglima Sudirman Rp477.090/jam, dan Jl. Suropati Rp269.896/jam. Temuan ini menegaskan hambatan samping dan manuver kendaraan tidak teratur menimbulkan biaya signifikan bagi pengguna jalan.

Kata kunci: simpang tak bersinyal, derajat kejenuhan, tundaan, biaya operasional kendaraan (BOK).

1. PENDAHULUAN

Simpang tiga merupakan persimpangan yang berfungsi menghubungkan arus lalu lintas dari tiga arah berbeda. Pada simpang tak bersinyal, pergerakan kendaraan hanya diatur berdasarkan prioritas tanpa bantuan lampu lalu lintas. Kondisi ini sering menimbulkan permasalahan, khususnya di lokasi dengan aktivitas tinggi dan volume kendaraan padat. Salah satunya adalah Simpang Jl. Diponegoro – Jl. Suropati – Jl. Panglima Sudirman di Gondanglegi Wetan, Kabupaten Malang. Lokasi simpang yang berdekatan dengan Pasar Gondanglegi serta deretan toko di sekitarnya menimbulkan hambatan samping berupa parkir liar dan aktivitas pejalan kaki. Hal tersebut menyebabkan tundaan lalu lintas, penurunan kapasitas, dan potensi konflik antar kendaraan, terlebih karena ruas jalan ini juga dilalui kendaraan berat dan angkutan barang.

Permasalahan lalu lintas di simpang ini tidak hanya berdampak pada kelancaran perjalanan, tetapi juga pada Biaya Operasional Kendaraan (BOK).

Kendaraan yang terhambat mengalami peningkatan konsumsi bahan bakar dan biaya perawatan. Oleh karena itu, penelitian ini menganalisis kinerja lalu lintas berdasarkan PKJI 2023 dan menghitung BOK dengan metode Departemen Pekerjaan Umum (2005), guna mengevaluasi efisiensi perjalanan di simpang tersebut.

2. STUDI PUSTAKA

Kinerja Simpang

Kinerja simpang merupakan salah satu indikator penting dalam menilai efektivitas sistem lalu lintas pada suatu persimpangan. Dalam PKJI 2023 indikator kinerja simpang diukur menggunakan nilai Derajat Kejenuhan (D_J) dan Tundaan (T). Karena semakin tinggi nilai D_J , maka semakin tinggi pula tingkat kepadatan lalu lintas simpang tersebut. Sedangkan tundaan diperuntukkan untuk mengetahui tingkat pelayanan simpang.

Tingkat Pelayanan Simpang

Tingkat pelayanan pada simpang diklasifikasikan sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 96 Tahun 2015. Dimana untuk mendapatkan tingkat pelayanan simpang digunakan nilai Tundaan (T).

Nilai Waktu

Nilai waktu dianggap sebanding dengan pendapatan perkapita, karena waktu memiliki kontribusi langsung terhadap produktivitas. Salah satu pendekatan untuk menghitung nilai waktu adalah dengan memperhitungkan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) per kapita yang kemudian dibagi dengan total jam kerja dalam setahun.

Biaya Operasional Kendaraan (BOK)

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2005), Biaya Operasional Kendaraan (BOK) merupakan keseluruhan pengeluaran yang diperlukan dalam penggunaan kendaraan, yang dihitung per kilometer perjalanan berdasarkan kondisi jalan dan lalu lintas untuk setiap jenis kendaraan. Terdapat komponen-komponen dalam menganalisa biaya operasional kendaraan diantaranya ialah : biaya bahan bakar minyak, biaya oli, biaya suku cadang, biaya upah tenaga pemeliharaan, biaya ban.

Biaya Kerugian Akibat Kemacetan

Biaya kerugian akibat kemacetan merupakan bentuk kerugian ekonomi yang timbul akibat terhambatnya kelancaran lalu lintas, dimana volume kendaraan melebihi kapasitas jalan yang tersedia. Kondisi ini menimbulkan penundaan waktu tempuh yang mengakibatkan pemborosan sumber daya, terutama waktu dan bahan bakar. Untuk perhitungan biaya kemacetan dapat dilakukan dengan menggunakan model matematis yang dikembangkan oleh Tzedakis (1980).

3. METODE PENELITIAN

Lokasi Studi

Lokasi studi dilakukan pada simpang tak bersinyal Jl. Suropati – Jl. Diponegoro – Jl. Panglima Sudirman Gondanglegi Wetan Kabupaten Malang. Berdasarkan perannya Jl. Suropati dan Jl. Diponegoro adalah jalan Nasional III yang dimana ruas ini tidak hanya melayani kendaraan local, tetapi juga kendaraan lintas daerah, termasuk kendaraan berat dan angkutan barang.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1. Lokasi Studi

Pengumpulan Data

Dalam studi ini terdapat dua macam data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diporeleh dengan survey langsung di lapangan. Data yang dikumpulkan meliputi : data volume lalu litas berdasarkan jenis kendaraan, kecepatan kendaraan yang melewati simpang. Sedangkan data sekunder diperoleh dari intansi atau sumber yang mendukung studi ini, diantaranya ialah: data jumlah penduduk Gondanglegi dari dinas terkait, peta lokasi, harga komponen BOK yang mencakup harga bahan bakar minyak, oli, suku cadang, dan ban.

Metode Pengambilan Data

Terdapat dua metode pengambilan data selama studi diantaranya ialah

1. Metode Moving Car Observer

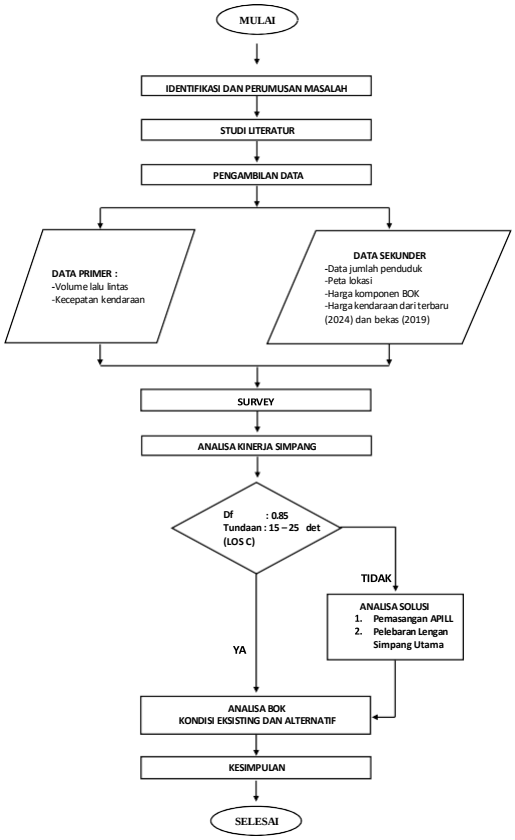
Dalam studi ini, metode ini digunakan untuk menghitung kecepatan kendaraan dengan bantuan aplikasi *GPS Speedometer.*

2. Metode Perekam Video

Dalam studi ini untuk mendapatkan volume kendaraan pada simpang, penulis menggunakan metode perekam video.

Metode Pengambilan Data

Bagan alir penelitian ini menggambarkan tahapan yang dilakukan mulai dari penyusunan kerangka penelitian, pengumpulan dan pengolahan data, analisis hasil, hingga tahap akhir berupa penarikan kesimpulan serta pemberian saran. Alur tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Bagan Alir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kinerja Simpang

1. Volume Lalu Lintas

Untuk menghitung volume lalu lintas satuan harus dirubah menjadi Satuan Mobil Penumpang (SMP). dengan mengkalikan Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP) dan volume kendaraan/jam. Perhitutungan dari kend/jam menjadi SMP/jam dihitung dengan interval 15 menit lalu menjadi 1 jam sesuai ekuivalensi kendaraan yang terdapat [ada PKJI 2023. Contoh perhitungan ada dibawah ini, data diambil dari jam puncak hari minggu lengan simpang Jl. Diponegoro :

Q Total : (∑ SM x 0.2) + (∑MP x 1.0) + (∑KS x 1.8)
: (978 x 0.2) + (177 x 1.0) + (24 x 1.8)
: 195.6 + 177 + 43.2
: 415.8 SMP/jam

Arus total kendaraan pada jam puncak minggu dan senin simpang dapat pada tabel dibawah ini

Tabel 1. Arus pada jam puncak Jl. Diponegoro selama 2 hari

Hari	Pukul	Jl. Diponegoro (SMP/jam)
Minggu		
Pagi	07.45 – 08.45	415.8
Siang	12.00 – 13.00	629
Sore	16.00 – 17.00	571.2
Senin		
Pagi	08.00 – 09.00	495.2
Siang	12.00 – 13.00	644.8
Sore	15.30 – 16.30	655.4

Tabel 2. Arus pada jam puncak Jl. Panglima Sudirman selama 2 hari

Hari	Pukul	Jl. P. Sudirman (SMP/jam)
Minggu		
Pagi	08.00 – 09.00	342.4
Siang	12.00 – 13.00	452.8
Sore	18.30 – 19.30	289
Senin		
Pagi	06.30 – 07.30	516.2
Siang	12.00 – 13.00	418.6
Sore	15.00 – 16.00	370.6

Tabel 3. Arus pada jam puncak Jl. Suropati selama 2 hari

Hari	Pukul	Jl. Suropati (SMP/jam)
Minggu		
Pagi	08.00 – 09.00	316
Siang	12.00 – 13.00	444.6
Sore	15.00 – 16.00	380.2
Senin		
Pagi	07.30 – 08.30	442
Siang	12.00 – 13.00	493.6
Sore	15.00 – 16.00	402.8

2. Kapasitas Jalan

Menurut perhitungan PKJI 2023 untuk simpang, maka didapatkan data atau hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Data perhitungan kapasitas jalan hari minggu

No	Faktor Analisa	Nilai
1	Kapasitas Dasar (C_0)	2700
2	Lebar rata-rata pendekat (F_{Lp})	1.262
3	Faktor koreksi median (F_M)	1
4	Faktor ukuran kota (F_{UK})	0.82
5	Faktor hambatan samping (F_{HS})	0.94
6	Faktor belok kiri (F_{Bki})	1.83
7	Faktor belok kanan (F_{Bka})	0.74
8	Faktor Rasio Arus dari Jalan Minor (F_{Rmi})	06.00 – 09.00 = 1.69 10.00 – 15.00 = 1.65 15.00 – 19.30 = 1.65
9	Kapasitas (C)	06.00 – 09.00 = 5998.8 10.00 – 15.00 = 4342 15.00 – 19.30 = 4202.3

Tabel 5. Data perhitungan kapasitas jalan hari senin

No	Faktor Analisa	Nilai
1	Kapasitas Dasar (C_0)	2700
2	Lebar rata-rata pendekat (F_{Lp})	1.262
3	Faktor koreksi median (F_M)	1
4	Faktor ukuran kota (F_{UK})	0.82
5	Faktor hambatan samping (F_{HS})	0.94
6	Faktor belok kiri (F_{Bki})	1.83
7	Faktor belok kanan (F_{Bka})	0.74
8	Faktor Rasio Arus dari Jalan Minor (F_{Rmi})	06.00 – 09.00 = 1.76 10.00 – 15.00 = 1.59 15.00 – 19.30 = 1.58
9	Kapasitas (C)	06.00 – 09.00 = 5415.6 10.00 – 15.00 = 4107.7 15.00 – 19.30 = 4079.9

3. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan didapatkan dari Arus Lalu Lintas (q) dibagi dengan Kapasitas Dasar (C) Sebagai contoh perhitungan D_J pada hari Minggu, 25 Mei 2025 pada periode jam 06.00 – 09.00

$$D_J = \frac{q}{C}$$

$$D_J = \frac{1066.2}{5998.84}$$

$$D_J = 0.18$$

Tabel 6. Derajat kejenuhan pada jam puncak selama 2 hari

Hari	Periode	q	C	D_J
Minggu,	06.00 – 09.00	1066.2	5998.84	0.18
	10.00 – 15.00	1220.4	4342.01	0.28
	15.00 – 19.30	1308.4	4202.26	0.31
Senin	06.00 – 09.00	1453.4	5415.59	0.27
	10.00 – 15.00	1307	4107.68	0.32
	15.00 – 19.30	1428.8	4079.96	0.35

4. Kecepatan Tempuh Perjalanan

Tabel 7. Kecepatan tempuh perjalanan Jl.Diponegoro hari minggu

Periode Waktu	Jarak (m)	Jenis Kendaraan						Kecepatan Rata-Rata (km/jam)
		Sepeda Motor		Mobil Penumpang		Kendaraan Sedang		
		Waktu (det)	Kecepatan (km/jam)	Waktu (det)	Kecepatan (km/jam)	Waktu (det)	Kecepatan (km/jam)	
06:00 - 07:00	500	48	37.50	54	33.33	62	29.03	33.29
07:00 - 08:00	500	53	33.96	60	30.00	60	30.00	31.32
08:00 - 09:00	500	64	28.13	75	24.00	71	25.35	25.83
10:00 - 11:00	500	62	29.03	68	26.47	67	26.87	27.46
11:00 - 12:00	500	67	26.87	66	27.27	70	25.71	26.62
12:00 - 13:00	500	81	22.22	78	23.08	77	23.38	22.89
13:00 - 14:00	500	51	35.29	52	34.62	66	27.27	32.39
14:00 - 15:00	500	54	33.33	63	28.57	69	26.09	29.33
15:00 - 16:00	500	58	31.03	60	30.00	70	25.71	28.92
16:00 - 17:00	500	69	26.09	70	25.71	71	25.35	25.72
17:00 - 18:00	500	58	31.03	63	28.57	69	26.09	28.56
18:00 - 19:00	500	52	34.62	47	38.30	64	28.13	33.68

Tabel 8. Kecepatan tempuh perjalanan Jl.Panglima Sudirman hari minggu

Periode Waktu	Jarak (m)	Jenis Kendaraan						Kecepatan Rata-Rata (km/jam)
		Sepeda Motor		Mobil Penumpang		Kendaraan Sedang		
		Waktu (det)	Kecepatan (km/jam)	Waktu (det)	Kecepatan (km/jam)	Waktu (det)	Kecepatan (km/jam)	
06:00 - 07:00	500	54	33.33	64	28.13	62	29.03	30.16
07:00 - 08:00	500	62	29.03	66	27.27	65	27.69	28.00
08:00 - 09:00	500	68	26.47	69	26.09	72	25.00	25.85
10:00 - 11:00	500	66	27.27	67	26.87	67	26.87	27.00
11:00 - 12:00	500	66	27.27	69	26.09	71	25.35	26.24
12:00 - 13:00	500	74	24.32	73	24.66	75	24.00	24.33
13:00 - 14:00	500	56	32.14	62	29.03	66	27.27	29.48
14:00 - 15:00	500	54	33.33	63	28.57	65	27.69	29.87
15:00 - 16:00	500	45	40.00	61	29.51	64	28.13	32.54
16:00 - 17:00	500	56	32.14	65	27.69	65	27.69	29.18
17:00 - 18:00	500	59	30.51	62	29.03	69	26.09	28.54
18:00 - 19:00	500	70	25.71	70	25.71	73	24.66	25.36

Tabel 9. Kecepatan tempuh perjalanan Jl.Suropati hari minggu

Periode Waktu	Jarak (m)	Jenis Kendaraan						Kecepatan Rata-Rata (km/jam)
		Sepeda Motor		Mobil Penumpang		Kendaraan Sedang		
		Waktu (det)	Kecepatan (km/jam)	Waktu (det)	Kecepatan (km/jam)	Waktu (det)	Kecepatan (km/jam)	
06:00 - 07:00	500	43	41.86	57	31.58	52	34.62	36.02
07:00 - 08:00	500	58	31.03	73	24.66	75	24.00	26.56
08:00 - 09:00	500	51	35.29	64	28.13	58	31.03	31.48
10:00 - 11:00	500	56	32.14	68	26.47	71	25.35	27.99
11:00 - 12:00	500	57	31.58	66	27.27	68	26.47	28.44
12:00 - 13:00	500	68	26.47	76	23.68	76	23.68	24.61
13:00 - 14:00	500	55	32.73	64	28.13	69	26.09	28.98
14:00 - 15:00	500	52	34.62	65	27.69	69	26.09	29.46
15:00 - 16:00	500	57	31.58	72	25.00	71	25.35	27.31
16:00 - 17:00	500	46	39.13	61	29.51	53	33.96	34.20
17:00 - 18:00	500	51	35.29	65	27.69	58	31.03	31.34
18:00 - 19:00	500	49	36.73	59	30.51	53	33.96	33.74

Tabel 7. Kecepatan tempuh perjalanan Jl.Diponegoro hari senin

Periode Waktu	Jarak (m)	Jenis Kendaraan						Kecepatan Rata-Rata (km/jam)
		Sepeda Motor		Mobil Penumpang		Kendaraan Sedang		
		Waktu (det)	Kecepatan (km/jam)	Waktu (det)	Kecepatan (km/jam)	Waktu (det)	Kecepatan (km/jam)	
06:00 - 07:00	500	60	30.00	75	24.00	71	25.35	26.45
07:00 - 08:00	500	62	29.03	78	23.08	72	25.00	25.70
08:00 - 09:00	500	66	27.27	79	22.78	74	24.32	24.79
10:00 - 11:00	500	58	31.03	75	24.00	72	25.00	26.68
11:00 - 12:00	500	53	33.96	58	31.03	68	26.47	30.49
12:00 - 13:00	500	83	21.69	81	22.22	77	23.38	22.43
13:00 - 14:00	500	51	35.29	70	25.71	66	27.27	29.43
14:00 - 15:00	500	58	31.03	64	28.13	79	22.78	27.31
15:00 - 16:00	500	78	23.08	82	21.95	80	22.50	22.51
16:00 - 17:00	500	64	28.13	63	28.57	66	27.27	27.99
17:00 - 18:00	500	52	34.62	52	34.62	66	27.27	32.17
18:00 - 19:00	500	52	34.62	58	31.03	68	26.47	30.71

Tabel 8. Kecepatan tempuh perjalanan Jl.Panglima Sudirman hari senin

Periode Waktu	Jarak (m)	Jenis Kendaraan						Kecepatan Rata-Rata (km/jam)
		Sepeda Motor		Mobil Penumpang		Kendaraan Sedang		
		Waktu (det)	Kecepatan (km/jam)	Waktu (det)	Kecepatan (km/jam)	Waktu (det)	Kecepatan (km/jam)	
06:00 - 07:00	500	86	20.93	84	21.43	79	22.78	21.71
07:00 - 08:00	500	84	21.43	57	31.58	69	26.09	26.36
08:00 - 09:00	500	56	32.14	63	28.57	64	28.13	29.61
10:00 - 11:00	500	49	36.73	69	26.09	68	26.47	29.76
11:00 - 12:00	500	52	34.62	69	26.09	67	26.87	29.19
12:00 - 13:00	500	77	23.38	91	19.78	79	22.78	21.98
13:00 - 14:00	500	48	37.50	64	28.13	67	26.87	30.83
14:00 - 15:00	500	50	36.00	63	28.57	67	26.87	30.48
15:00 - 16:00	500	58	31.03	70	25.71	74	24.32	27.02
16:00 - 17:00	500	50	36.00	58	31.03	66	27.27	31.44
17:00 - 18:00	500	47	38.30	53	33.96	59	30.51	34.26
18:00 - 19:00	500	48	37.50	62	29.03	66	27.27	31.27

Tabel 9. Kecepatan tempuh perjalanan Jl.Suropati hari senin

Periode Waktu	Jarak (m)	Jenis Kendaraan						Kecepatan Rata-Rata (km/jam)
		Sepeda Motor		Mobil Penumpang		Kendaraan Sedang		
		Waktu (det)	Kecepatan (km/jam)	Waktu (det)	Kecepatan (km/jam)	Waktu (det)	Kecepatan (km/jam)	
06:00 - 07:00	500	83	21.69	70	25.71	74	24.32	23.91
07:00 - 08:00	500	58	31.03	69	26.09	73	24.66	27.26
08:00 - 09:00	500	77	23.38	69	26.09	86	20.93	23.46
10:00 - 11:00	500	55	32.73	58	31.03	71	25.35	29.70
11:00 - 12:00	500	55	32.73	54	33.33	73	24.66	30.24
12:00 - 13:00	500	47	38.30	54	33.33	67	26.87	32.83
13:00 - 14:00	500	53	33.96	44	40.91	52	34.62	36.50
14:00 - 15:00	500	55	32.73	48	37.50	67	26.87	32.36
15:00 - 16:00	500	49	36.73	55	32.73	67	26.87	32.11
16:00 - 17:00	500	59	30.51	70	25.71	65	27.69	27.97
17:00 - 18:00	500	44	40.91	46	39.13	52	34.62	38.22
18:00 - 19:00	500	46	39.13	47	38.30	52	34.62	37.35

Perhitungan Nilai Waktu

Menurut data dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang, Produk Domestik regional Bruto (PDRB) kabupaten malang pada tahun 2024 sebesar Rp.138.423.170.000. Sedangkan jumlah penduduk dari data Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang pada tahun

2024 adalah 2.734.898 jiwa. Jam kerja tahunan adalah 2080 jam, dengan 8 jam sehari, 5 hari dalam seminggu, dan dalam satu tahun efektif 52 minggu. Nilai waktu dapat dihitung menggunakan persamaan 2.34 sebagai berikut :

$$入 = \frac{PDRB/JP}{WKT}$$

$$= \frac{138.423.170.000.000/2.734.898}{2080}$$

= Rp. 24,3335 / orang

Nilai waktu = Rp. 24,3335 x 2

Nilai waktu = Rp. 48,667 kend/jam.

Analisis Biaya Operasional Kendaraan

Berikut dibawah ini merupakan contoh perhitungan Biaya Operasional Kendaraan pada sepeda motor dari arah Jl. Diponegoro pada hari Senin, 26 Mei 2025

Sepeda Motor

Perhitungan BOK Sepeda Motor menggunakan data jenis kendaraan sedan. Dan didapatkan rata-rata kecepatan dari arah Jl. Diponegoro sebesar 26.45 km/jam

Biaya Konsumsi Bahan Bakar ($BiBBM_j$)

Berikut merupakan perhitungan biaya bahan bakar minyak berdasarkan persamaan 2.38

$KBBM_i$ = $((\alpha + \beta_1/V_R + \beta_2 x\ V_R^2 + \beta_3 x\ R_R + \beta_4 x\ F_R + \beta_5 x\ F_R^2 + \beta_5 x\ DT_R + \beta_7 x\ A_R + \beta_8 x\ SA + \beta_9 x\ BK + \beta_{10} x\ BK\ x\ A_R + \beta_{11} x\ BK\ x\ A_R)/1000$

= $((23.78 + (1181.2/26.45)) + (0.0037 \times 26.45^2) + (1.265 \times 2.5) + 0.634 \times (-2.5) + (0 \times -2.5^2) + (0 \times) + (-0.638 \times 0.01244) + (36.21 \times 0.985) + 0 + 0 + 0)/1000$

= 0.1083 liter/jam

$BiBBM_i$ = $KBBM_i$ x $HBBM_i$

= 0.1083 x 12000

= Rp.1299.2/km

Untuk Sepeda Motor = 25% x Rp. 1299.2

= Rp. 324.8 /km

Biaya Konsumsi Oli (BO_i)

Perhitungan biaya konsumsi oli berdasarkan persamaan 2.22, 2.23, dan 2.24. data yang digunakan ialah antara lain harga oli sebesar Rp. 40.000, kapasitas oli sebesar 0.8 liter dan jarak penggantian oli yaitu 2000 km untuk sepeda motor.

OHK_i = KPO_i / JPO_i

= 0.8 / 2000

= 0.0004 liter/km

KO_i = OHK_i + OHO_i x $KBBM_i$

= $0.0004 + (2.8\ x\ 10^{-6})$ x 0.1028

= 0.0004 liter/km

BO_i = KO_i x HO_i

= 0.0004 x 40000

= Rp.16 /km

Biaya Konsumsi Suku Cadang (BP_i)

P_i = $(\varphi + \gamma_1 \text{ x IRI}) (KJT_i/100000)^{\gamma 2}$

= $(-0.69 + 0.42 \text{ x } 9.3) (0.52/100000)^{0.1}$

= 0.95 km

BP_i = P_i x HKB_i / 1000000

= 0.95 x 20000000 / 1000000

= Rp. 19 /km

Biaya Upah Tenaga Pemeliharaan (Bui)

JP_i = a_0 x $P_i^{\alpha 1}$

= $77.14 \text{ x } (0.95^{0.547})$

= 75.12 jam/1000km

BU_i = JP_i x UTP / 1000

= 75.12 x 9000 / 1000

= Rp. 676.1 /km

Biaya Konsumsi Ban (BBi)

KB_i = $\chi + \delta_1$ x IRI + δ_2 x TT_R + δ_3 x DT_R

= -0.01471 + (0.01489 x 9.3) + (0 x 5) +

= 0.124 liter/km

BB_i = KB_i x HB_j / 1000

= 0.124 x 190000 / 1000

= Rp.23.52 /km

Jadi didapatkan Biaya Tidak Tetap (BTT) sepeda motor pada lengan simpang Jl. Diponegoro ialah

BTT = $B_iBBM_j + BO_i + BP_i + BU_i + BB_i$

= 324.8 + 16 + 19.1 + 676.1 + 23.52

= Rp. 1059 /km

Biaya Kerugian Akibat Kemacetan

Biaya kerugian dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$C = N \times [G \times A + (1 - A/B)\ V'] \times T$$

Dimana :

C = Biaya Kemacetan (Rp)

N = Jumlah Kendaraan

G = BOK kecepatan eksisting (Rp/kend.km)

A=Kecepatan Kendaraan di Lapangan (km/jam)

B = Kecepatan Kendaraan Normal (km/jam)

V' = Nilai Waktu (Rp/kend.jam)

T = Jumlah Waktu Antrian (jam)

Berikut merupakan contoh perhitungan biaya kerugian akibat kemacetan Minggu, 25 Mei 2025 pada Jl. Diponegoro dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.35 dengan data kendaraan sepeda motor, mobil penumpang, dan kendaraan sedang pada kondisi macet pada periode jam 06.00 – 07.00

Sepeda Motor (SM)

C = N x [G x A + (1 – A/B)V'] x T

C = 1 x [589 x 33.29 + (1 – 33.29/30) 48666.97] x 0.003

C = Rp. 47.57 /kend

Tabel 10. Biaya kerugian akibat kemacetan minggu, jl.Diponegoro

Periode waktu	Kec. Rata-Rata Kend/jam	Nilai Waktu Rp/jam	Waktu Tundaan (SM) Jam	C (SM) jam	Waktu Tundaan MP Jam	C MP jam	Waktu Tundaan KS Jam	C KS jam	Total Kerugian Rp
06.00 - 07.00	33.29	Rp 48,666.97	0.003	Rp 97.17	0.002	Rp 157.27	0.001	Rp 56.68	Rp 311.13
07.00 - 08.00	31.32	Rp 48,666.97	0.002	Rp 59.29	0.000	Rp -	0.000	Rp -	Rp 59.29
08.00 - 09.00	25.83	Rp 48,666.97	0.001	Rp 38.00	0.004	Rp 361.15	0.003	Rp 277.23	Rp 676.38
10.00 - 11.00	27.46	Rp 48,666.97	0.001	Rp 18.38	0.002	Rp 196.24	0.002	Rp 181.21	Rp 395.83
11.00 - 12.00	26.62	Rp 48,666.97	0.002	Rp 65.48	0.002	Rp 145.78	0.003	Rp 255.32	Rp 466.58
12.00 - 13.00	22.89	Rp 48,666.97	0.006	Rp 211.22	0.005	Rp 419.23	0.005	Rp 407.62	Rp 1,038.07
13.00 - 14.00	32.39	Rp 48,666.97	0.003	Rp 74.43	0.002	Rp 207.55	0.002	Rp 167.81	Rp 449.79
14.00 - 15.00	29.33	Rp 48,666.97	0.002	Rp 53.04	0.001	Rp 75.16	0.003	Rp 240.07	Rp 368.27
15.00 - 16.00	28.92	Rp 48,666.97	0.001	Rp 17.84	0.000	Rp -	0.003	Rp 264.97	Rp 282.81
16.00 - 17.00	25.72	Rp 48,666.97	0.003	Rp 85.71	0.003	Rp 240.54	0.003	Rp 276.78	Rp 603.03
17.00 - 18.00	28.56	Rp 48,666.97	0.001	Rp 17.97	0.001	Rp 74.52	0.003	Rp 237.19	Rp 329.68
18.00 - 19.00	33.68	Rp 48,666.97	0.002	Rp 64.20	0.004	Rp 342.21	0.001	Rp 114.02	Rp 520.43
Rata-rata biaya kerugian akibat kemacetan									Rp 458.44
Biaya kerugian pada kondisi termacet									Rp 1,038.07

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil Analisa dan pembahasan di bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Kinerja simpang tiga tak bersinyal pada Jl.Diponegoro – Jl. Panglima Sudirman – Jl. Suropati mempunyai kapasitas (C) sebesar 31598 SMP/jam dengan derajat kejenuhan (Dj) tertinggi yaitu 0.35 pada hari Senin, 26 Mei 2025. Tundaan rata-rata pada simpang tiga ini sebesar 8.3 kend/det sehingga dapat disimpulkan tingkat pelayanan pada simpang ini ialah B sesuai dengan PM 96 tahun 2015. Yang dimana menunjukkan arus lalu lintas di simpang lancar
2. Lalu lintas di simpang tersebut berpengaruh terhadap Biaya Operasional Kendaraan (BOK), Pada hari minggu, total kerugian tercatat sebesar Rp. 1.486.575 di Jl. Diponegoro, Rp. 907.910 di Jl. Panglima Sudirman, dan Rp. 918.683 di Jl. Suropati. Sedangkan pada hari senin, total kerugian tercatat sebesar Rp. 1.877.305 di Jl. Diponegoro, Rp. 1.327.286 di Jl. Panglima Sudirman, dan Rp. 1.425.910 di Jl. Suropati. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan volume lalu lintas pada hari kerja berdampak pada kenaikan BOK.
3. Berdasarkan hasil analisis kinerja lalu lintas dan perhitungan BOK pada simpang tersebut, rekomendasi perbaikan yang dapat diterapkan pada simpang tersebut meliputi perbaikan dan pengaktifan Kembali lampu *yellow blinking* sebagai peringatan kepada pengendara, pengendalian aktivitas parkir di daerah simpang serta peningkatan edukasi dan penegakan hukum terhadap pelanggaran lalu lintas. Penerapan Langkah-langkah tersebut diharapkan mampu meningkatkan kelancaran lalu lintas, menekan biaya operasional kendaraan, dan menjamin keselamatan pengguna jalan di Kawasan simpang tersebut.

Saran

1. Meskipun secara teknis simpang ini masih berfungsi dengan baik dan tidak menunjukkan kejenuhan, perilaku pengguna jalan di Kawasan ini perlu menjadi perhatian, khususnya pada pengendara sepeda motor yang sering melanggar peraturan seperti tidak menggunakan helm, melawan arus, atau memotong jalan secara tiba-tiba. Oleh karena itu, disarankan adanya peningkatan pengawasan oleh petugas lalu lintas, khususnya pada jam-jam padat di pagi dan siang hari
2. Pembuatan pembatas jalan sementara (traffic cone atau barikade ringan) di jam sibuk bisa dijadikan solusi cepat untuk mengarahkan alur kendaraan agar tidak asal potong jalur, terutama di titik-titik yang rawan diserobot oleh pengendara dari arah lain
3. Jika ke depan terjadi peningkatan volume lalu lintas secara signifikan, maka studi lanjutan perlu

dilakukan guna untuk mengevaluasi Kembali kebutuhan pengaturan lalu lintas seperti rekayasa simpang.

DAFTAR PUSTAKA

Benny Hamdi Rhoma Putra, Edi Yusuf Adiman, Muhammad Iqbal Makarim, Rizqy Ridho Prakarsa (2024). *Pengaruh Hambatan Samping Terhadap Biaya Operasional Kendaraan Pada Depan Pasar Simpang Baru, Kota Pekanbaru*

Chien, A. T., & Cahyono, M. S. D. (2022). *Analisis Tarif Biaya Operasional Kendaraan (BOK) Bus Kelas Ekonomi Jurusan Surabaya–Malang dengan Metode Pacific Consultant International (PCI).* Jurnal Anggapa, 1(1), 152–165.

Jaya, F. H., & Kuncahyo, G. P. (2024). *Analisa Biaya Kemacetan Kendaraan Pribadi Pada Ruas Jalan Imam Bonjol Bandar Lampung*. Teknika Sains: Jurnal Ilmu Teknik,9(2),247–259. https://jurnal.saburai.id/index.php/teknik/article/view/3603

Mubin, C. (2011). *Analisis Biaya Operasional Kendaraan Jenis Sepeda Motor. 66.*

Pignataro,L.J. (1973). *Traffic Engineering Theory and Practice*, Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall.

Pranata, J., Rahmadhani, R., & Aziz, M. A. (2024). *Analisa kinerja simpang tak bersinyal dan alternatif penanganannya (Studi kasus: Simpang Tiga Kahuripan, Jalan Jati Raya Kabupaten Sidoarjo).* Jurnal Teknik Sipil, 16(2). https://e-jurnal.pnl.ac.id/portal/article/view/5555

Ramadani, S., Supiyan, & Elvina, I. (2022). *Pengaruh hambatan samping terhadap biaya operasional kendaraan (Studi kasus: Jalan G. Obos XII).* Jurnal Serambi Engineering, 7(4), 118–125.

Sakti, S., Sundari, T., Yulianto, T., & Nugroho, M. W. (2024). *Analisis kinerja pada simpang tiga tak bersinyal Jalan Raya Ploso. Jurnal Sosial Sains dan Rekayasa*, 2(5), 449–457. https://doi.org/10.61722/jssr.v2i5.2707

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2024). *Perencanaan Teknik Geometrik Simpang (No. 08/P/BM/2024.* Jakarta : Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2023). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (No. 09/BM/2023).* Jakarta : Direktorat Jendral Bina Marga.

Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2015). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Analisis Dampak Lalu Lintas.* Jakarta : Kementerian Perhubungan.

Departemen Pekerjaan Umum (2005). *Perhitungan biaya operasi kendaraan Bagian I : Biaya tidak tetap (Running Cost) (Pd T-15-2005-B).* Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.

Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang (2025). Perhitungan, Laju Pertumbuhan Penduduk, Distribusi Persentase Penduduk, Kepadatan Penduduk, Rasio Jenis Kelamin Penduduk Menurut Kecamatan di Kabupaten Malang, 2025. https://malangkab.bps.go.id/id/statistics-table/3/V1ZSbFRUY3lTbFpEYTNsVWNGcDZjek53YkhsNFFUMDkjMyMzNTA3/jumlah-penduduk-laju-pertumbuhan-penduduk-distribusi-persentase-penduduk-kepadatan-pendu duk-rasio-jenis-kelamin-penduduk-menurut-kecamatan-di-kabupaten-mal ang.html?year=2025.

Badan Pendapatan Daerah Kota Malang (2025). Kabar Gembira Bagi Masyarakat Kota Malang. https://bapenda.malangkota.go.id/kabar-gembira-bagimas yarakat-kota-malang/#:~:text=%E2%80%9CBerdasarkan%20Keputusan%20Gubernur%20Jawa%20Timur,walaupun%20ada%20Opsen%20PKB%20dan.

Pignataro,L.J. (1973). *Traffic Engineering Theory and Practice*, Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall.