EVALUASI KINERJA SIMPANG EMPAT BERSINYAL DAN PREDIKSI KERUGIAN BIAYA OPERASIONAL KENDARAAN (BOK) AKIBAT KEMACETAN LALU LINTAS

Dr.Ir.Nusa Sebayang,MT[1], Annur Ma'ruf. ST., MT.[2] , Alvieano Geraldy Faizal[3]

[1]*Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang*
Email : alvinfaizal241@gmail.com

ABSTRACT

Traffic congestion is a common problem that often occurs in various areas, including at the Gedangan Sidoarjo frontage intersection, which involves station activities and industrial areas, with one of the critical points located at the Gedangan Sidoarjo Frontage Junction at the meeting point of Jl. Frontage Gedangan Utara and Jl. Frontage Gedangan Selatan. This condition causes traffic delays that impact increased Vehicle Operating Costs (VOC), particularly Fuel Consumption Costs (FCC). This study aims to analyze traffic performance at the intersection and estimate the cost losses due to congestion using the 2023 Indonesian Road Capacity Guidelines (PKJI) and traffic modeling via VISSIM 25 software, where fuel consumption calculations refer to the LAPI-ITB method and the relationship between delay and FCC is analyzed using simple linear regression. The PKJI 2023 analysis results indicate that delays The average intersection delay at the North, East, and West approaches was 153 sec/veh, 69 sec/veh, and 43 sec/veh, respectively, with corresponding levels of service of F, F, and D, while VISSIM 25 simulation results showed an average delay of 135 sec/veh at the north approach (LOS F), 69 sec/veh at the east approach (LOS F), and 69 sec/veh at the south approach (LOS F). The economic losses due to traffic delays amounted to IDR 891,383.74 per hour, IDR 7,131,069.90 per day, IDR 185,407,817.39 per month, and IDR 2,260,549,158.21 per year, and linear regression analysis showed a very strong relationship between delay and fuel consumption costs with a correlation coefficient of 0.9529, confirming that increased delay has a significant implication on the magnitude of economic losses due to congestion.

Keywords: *Vehicle Operational Costs (BOK), PKJI 2023, Vissim 23, Traffic Congestion, and Fuel Consumption (BBM).*

ABSTRAK

Kemacetan lalu lintas merupakan permasalahan umum yang sering terjadi di berbagai kawasan, termasuk di persimpangan frontage Gedangan Sidoarjo yang melibatkan aktivitas stasiun dan kawasan industri, dengan salah satu titik kritis berada di Simpang Frontage Gedangan Sidoarjo sebagai pertemuan Jl. Frontage Gedangan Utara dan Jl. Frontage Gedangan Selatan, di mana kondisi tersebut menimbulkan tundaan lalu lintas yang berdampak pada meningkatnya Biaya Operasional Kendaraan (BOK), khususnya Biaya Konsumsi Bahan Bakar Minyak (BiBBM). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja lalu lintas pada simpang tersebut serta mengestimasi kerugian biaya akibat kemacetan dengan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dan pemodelan lalu lintas melalui perangkat lunak VISSIM 25, di mana perhitungan konsumsi bahan bakar mengacu pada metode LAPI-ITB dan hubungan antara tundaan serta BiBBM dianalisis menggunakan regresi linear sederhana. Hasil analisis PKJI 2023 menunjukkan tundaan rata-rata simpang pada pendekatan Utara, Timur, dan Barat masing-masing sebesar 153 det/smp, 69 det/smp, dan 43 det/smp dengan tingkat pelayanan berturut-turut F, F, dan D, sementara hasil simulasi VISSIM 25 menunjukkan tundaan rata-rata sebesar 135 det/smp pada pendekatan utara (LOS F), 69 det/smp pada pendekatan timur (LOS F), dan 69 det/smp pada pendekatan selatan (LOS F). Kerugian ekonomi akibat tundaan lalu lintas mencapai Rp891.383,74 per jam, Rp7.131.069,90 per hari, Rp185.407.817,39 per bulan, dan Rp2.260.549.158,21 per tahun, serta hasil analisis regresi linear menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat antara tundaan dan biaya konsumsi bahan bakar minyak dengan koefisien korelasi sebesar 0,9529, yang menegaskan bahwa peningkatan tundaan berimplikasi signifikan terhadap besarnya kerugian ekonomi akibat kemacetan.

Kata kunci: *Biaya Operasional Kendaraan (BOK), PKJI 2023, Vissim 23, Kemacetan,dan Konsumsi bahan bakar minyak (BBM).*

1. PENDAHULUAN

Jalan Raya Frontage Gedangan merupakan koridor utama penghubung Kota Sidoarjo dan Kota Surabaya yang memiliki tingkat lalu lintas tinggi akibat pertumbuhan penduduk dan peningkatan jumlah kendaraan. Kondisi ini menyebabkan kepadatan lalu lintas, khususnya di Simpang Frontage Gedangan, yang didukung oleh aktivitas kawasan industri, pergerakan kendaraan berat, serta gangguan

operasional seperti perlintasan kereta api dan keluar-masuk kendaraan pabrik

Kemacetan yang terjadi pada jam puncak menurunkan kinerja simpang dan meningkatkan tundaan serta konsumsi bahan bakar kendaraan. Oleh karena itu, penelitian ini mengevaluasi kinerja Simpang Frontage Gedangan berdasarkan parameter kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, dan peluang antrian menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023) dan simulasi VISSIM, serta menganalisis kerugian bahan bakar akibat kemacetan dengan metode AHSP PU Bina

2. DASAR TEORI

Jalan

Jalan merupakan bagian dari prasarana transportasi darat yang mencakup seluruh elemen jalan beserta bangunan pendukung dan perlengkapannya yang digunakan untuk kegiatan lalu lintas. Jalan dapat berada di permukaan tanah, di atas maupun di bawah permukaan tanah, serta di atas atau di bawah permukaan air, dengan pengecualian terhadap jalur kereta api, lori, dan jalan kabel. Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022 tentang Jalan, jalan diklasifikasikan ke dalam beberapa kelompok, antara lain berdasarkan fungsi dan statusnya.

Klasifikasi Jalan

Jalan menurut fungsinya dapat dikelompokkan menjadi beberapa bagian, yaitu:

1. Jalan Arteri.
   Merupakan jalan yang melayani lalu lintas khususnya melayani angkutan jarak jauh dengan kecepatan rata-rata tinggi serta jumlah akses yang dibatasi.
2. Jalan Kolektor.
   Merupakan jalan yang melayani lalu lintas khususnya melayani angkutan jarak sedang dengan kecepatan rata-rata sedang serta jumlah akses yang dibatasi.
3. Jalan Lokal.
   Merupakan jalan yang melayani angkutan setempat khususnya angkutan jarak pendek dengan kecepatan rata-rata rendah serta jumlah akses yang tidak dibatasi.

Kinerja Simpang

Kinerja suatu simpang dapat dievaluasi berdasarkan tingkat pelayanan. Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015, tingkat pelayanan diklasifikasikan ke dalam enam kategori, yaitu A, B, C, D, E, dan F. Tingkat pelayanan A menunjukkan kondisi operasional terbaik dari suatu fasilitas lalu lintas, sedangkan tingkat pelayanan F mencerminkan kondisi operasional terburuk.

Pengolahan Data

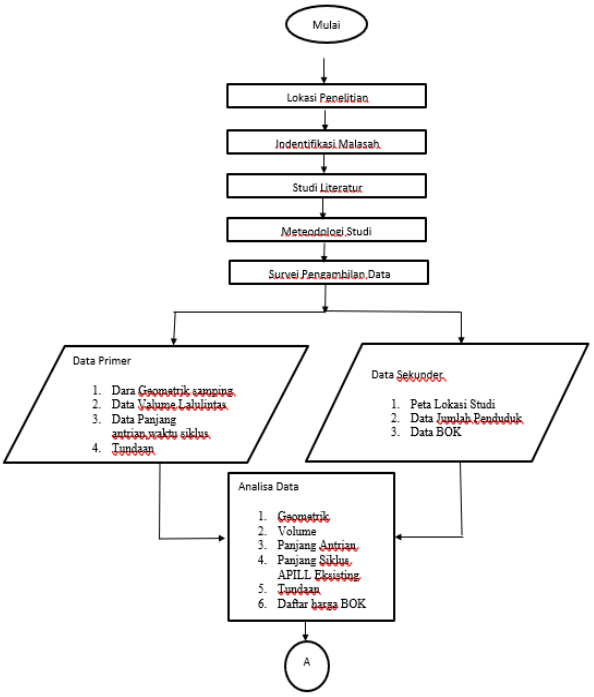
Setelah data diperoleh melalui metode pengumpulan yang tepat, tahap selanjutnya adalah melakukan pengolahan dan analisis data. Analisis tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan kualitatif maupun kuantitatif.

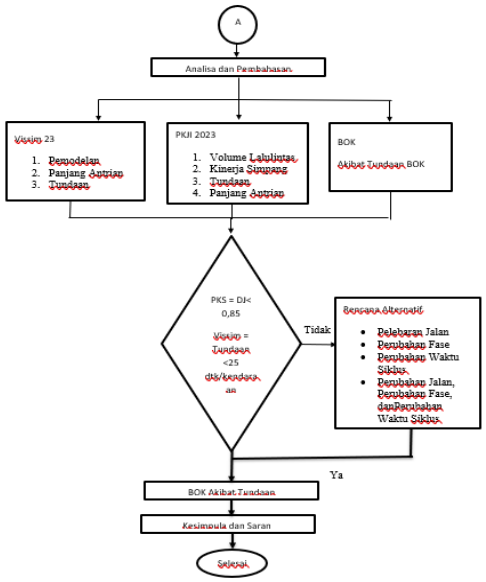
Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian merupakan pernyataan dugaan sementara yang digunakan sebagai jawaban awal atas permasalahan penelitian. Hipotesis dapat dipahami dan dijelaskan dari berbagai perspektif, seperti etimologis, teknis, statistik, maupun sudut pandang lainnya (Hidayat, Anwar. Hipotesis Penelitian. 2013).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja persimpangan serta tingkat pelayanannya pada simpang Jl. Frontage Gedangan Utara, Jalan Raya Ketajen Timur, Jl. Fontage Gedangan Selatan, Jl. Ketajen Barat Kota Sidoarjo. Metode analisis yang digunakan mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dengan dukungan simulasi lalu lintas menggunakan perangkat lunak VISSIM 2023. Selain itu, estimasi kerugian biaya akibat kemacetan lalu lintas dihitung berdasarkan pedoman yang dikembangkan oleh LAPI-ITB. Data yang diperoleh dari survei lapangan selanjutnya diolah dan dianalisis menggunakan Microsoft Excel untuk keperluan integrasi dan perhitungan data, sedangkan tahapan perhitungan secara rinci disajikan dalam bentuk flowchart berikut.



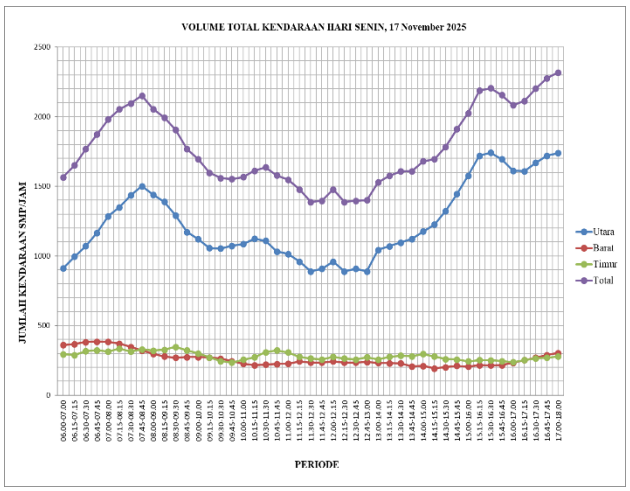


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. PEMBAHASAN

Volume Lalu Lintas

Dari hasil survey yang dilakukan selama tiga hari, diambil jam puncak hari senin sore tanggal 17 november 2025 diperoleh hasil seperti pada gambar grafik Volume gabungan berikut

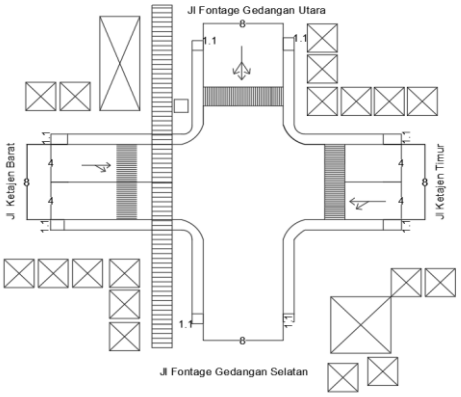


Gambar 2. Grafik volume rabu sore 12 maret 2025

Berdasarkan grafik diatas, didapat volume lalu lintas tertinggi pendekat Utara yaitu jam 17.00-18.00 WIB sebesar 1738.15 smp/jam. Volume lalu lintas tertinggi pendekat Barat yaitu, jam 17.00-18.00 WIB sebesar 302.25 smp/jam. Volume lalu lintas tertinggi pada pendekat Timur yaitu, jam 17.00-18.00 sebesar 277.25 smp/jam.

Geometrik Simpang

Pada persimpangan ini merupakan simpang bersinyal dengan empat lengan, dengan ukuran geomterik seperti yang ditunjukan gambar.



Gambar 3. Geometrik Simpang

Geometrik Jalan Eksisting

Tabel 1. Data Geometrik

Nama Jalan	Pendekat	Fase	Waktu Sinyal			
			Merah	Kuning	Hijau	Merah Semua
Jl. Frontage Gedangan	U	1	56	3	60	1
Jl. Raya Ketajen	B	2	99	3	17	1
Jl. Raya Ketajen	T	3	85	3	31	1

Analisis Jam Puncak

Analisis jam puncak didapatkan dari hasil perhitungan volume lalu lintas dan diambil nilai tertingginya. Jam puncak dibagi menjadi tiga macam yaitu jam puncak pagi, jam puncak siang, dan jam puncak sore. Berikut adalah contoh tabel analisa jam puncak pagi, siang, dan sore pada hari Senin 17 November 2025.

Tabel 2. Analisis Jam Puncak

Periode	Jumlah Kendaraan			Total
	Pendekat utara kendaraan/jam JL GEDANGAN	Pendekat Barat kendaraan/jam JL RAYA KETAJEN	Pendekat Timur kendaraan/jam JL JRAYA KETAJEN	
06.00-07.00	910.1	360.1	294.1	1564.3
06.15-07.15	995.6	367.15	287.6	1650.35
06.30-07.30	1071.45	380.85	315.45	1767.75
06.45-07.45	1165.6	384	323.55	1873.15
07.00-08.00	1284.9	382.4	313.55	1980.85
07.15-08.15	1349.4	369.25	334.4	2053.05
07.30-08.30	1435.85	346.95	312.25	2095.05
07.45-08.45	1501.05	320.75	328.45	2150.25
08.00-09.00	1439.05	296.35	319.85	2055.25
08.15-09.15	1388.7	277.75	326.55	1993
08.30-09.30	1291	268.8	346.85	1906.65
08.45-09.45	1171.3	273.6	321.95	1766.85
09.00-10.00	1120.95	273.5	299.75	1694.2
09.15-10.15	1055.65	270.65	270.45	1596.75
09.30-10.30	1053.85	261.75	244.1	1559.7
09.45-10.45	1072.35	244.95	234.65	1551.95
10.00-11.00	1085.8	225.85	254.75	1566.4
10.15-11.15	1124	214.65	272.8	1611.45
10.30-11.30	1108.75	220	308	1636.75
10.45-11.45	1030.95	224.7	322.1	1577.75
11.00-12.00	1014.3	226.15	307.3	1547.75
11.15-12.15	958.9	243.45	274.55	1476.9
11.30-12.30	888.95	234.6	263.3	1386.85
11.45-12.45	907.3	233.7	255.55	1396.55
12.00-12.15	958.9	243.45	274.55	1476.9
12.15-12.30	888.95	234.6	263.3	1386.85
12.30-12.45	907.3	233.7	255.55	1396.55
12.45-13.00	889	239.05	271.8	1399.85
13.00-14.00	1042.55	230.65	256	1529.2
13.15-14.15	1069.9	229.85	275.6	1575.35
13.30-14.30	1095.05	228.5	284.4	1607.95
13.45-14.45	1122.55	206.9	279.75	1609.2
14.00-15.00	1175.4	209.9	294.85	1680.15
14.15-15.15	1224.8	192.6	277.4	1694.8
14.30-15.30	1323.4	201.05	258.9	1783.35
14.45-15.45	1444.2	210.15	255.55	1909.9
15.00-16.00	1576.2	205.2	243.6	2025
15.15-16.15	1720.05	214.9	252.25	2187.2
15.30-16.30	1741.65	213.15	249.9	2204.7
15.45-16.45	1694.7	215.5	244.95	2155.15
16.00-17.00	1611.9	233.2	237.6	2082.7
16.15-17.15	1609.05	251.85	252.15	2113.05
16.30-17.30	1668.2	269.4	264.9	2202.5
16.45-17.45	1719.1	287.7	269.8	2276.6
17.00-18.00	1738.15	302.35	277.25	2317.75

Dari tabel di atas, diperoleh data jam puncak untuk tiap pendekat pada hari Senin, 17 November 2025.

Diperoleh total arus kendaraan hari Senin 17 November 2025. Jam puncak pagi pukul 07.30-08.30 WIB sebesar 2095.05 smp/jam. Jam puncak siang pukul 13.45-14.45 WIB sebesar 1609.2 smp/jam. Jam puncak sore pukul 16.15-17.15 WIB sebesar 2317.75 smp/jam

Arus Jenuh Dasar

Perhitungan awal untuk mendapatkan nilai kapasitas dari suatu pendekat.

Contoh perhitungan perhitungan Jl. Frontage Gedangan pendekat utara Hari Senin 17 November 2025

J_0 = 600 x Le
= 600 x 8
= 4800 smp/jam

Arus jenuh yang telah disesuaikan

$J = J_o \times FHS \times FUK \times FG \times FP \times FBKi \times FBKa$
= 4800 x 0,95 x 1 x 1 x 1 x 1.2 x 0.99
= 2254.92 smp/jam

Untuk hasil perhitungan arus jenuh lebih lengkap pada simpang . Frontage Gedangan dapat di lihat pada tabel hari Senin, rabu dan Sabtu di bawah.

Tabel 3. Nilai Arus Jenuh Simpang Frontage Gedangan Senin 17 November 2025

Pendekat	Senin, 17 november2025							
	Faktor - Faktor Penyesuaian						Arus jenuh dasar	Arus Jenuh
	FUK	FKHS	FG	FP	FBKa	FBKi	J0 (smp/jam)	J (smp/jam)
Jam Puncak Pagi								
U	1	0.95	1	1	1.02	0.97	4800	4509.85
T	1	0.95	1	1	1	0.97	2400	2220.42
B	1	0.95	1	1	1.01	1.00	2400	2295.10
Jam Puncak Siang								
U	1	0.95	1	1	1.02	0.97	4800	4519.83
T	1	0.95	1	1	1	0.96	2400	2199.14
B	1	0.95	1	1	1.01	1	2400	2311.05
Jam Puncak Sore								
U	1	0.95	1	1	1.02	0.97	4800	4492.45
T	1	0.95	1	1	1	0.97	2400	2220.86
B	1	0.95	1	1	1.02	1	2400	2320.00

Tabel 4. Nilai Arus Jenuh Simpang Simpang Frontage Gedangan Rabu 19 November

Pendekat	Rabu, 19 november 2025							
	Faktor - Faktor Penyesuaian						Arus jenuh dasar	Arus Jenuh
	FUK	FKHS	FG	FP	FBKa	FBKi	J0 (smp/jam)	J (smp/jam)
Jam Puncak Pagi								
U	1	0.95	1	1	1.02	0.96	4800	4481.32
T	1	0.95	1	1	1	0.97	2400	2208.80
B	1	0.95	1	1	1.02	1	2400	2319.81
Jam Puncak Siang								
U	1	0.95	1	1	1.02	0.96	4800	4480.11
T	1	0.95	1	1	1	0.98	2400	2224.53
B	1	0.95	1	1	1.01	1	2400	2299.10
Jam Puncak Sore								
U	1	0.95	1	1	1.02	0.98	4800	4572.33
T	1	0.95	1	1	1	0.99	2400	2254.59
B	1	0.95	1	1	1.01	1	2400	2293.49

Tabel 5. Nilai Arus Jenuh Simpang Simpang Frontage Gedangan Sabtu 22 November

Pendekat	Sabtu, 22 November 2025							
	Faktor - Faktor Penyesuaian						Arus jenuh dasar	Arus Jenuh
	FUK	FKHS	FG	FP	FBKa	FBKi	J0 (smp/jam)	J (smp/jam)
Jam Puncak Pagi								
U	1	0.95	1	1	1.05	0.97	4800	4651.99
T	1	0.95	1	1	1.23	0.98	2400	2760.22
B	1	0.95	1	1	1.01	1.00	2400	2311.69
Jam Puncak Siang								
U	1	0.95	1	1	1.03	0.98	4800	4593.82
T	1	0.95	1	1	1.23	0.98	2400	2752.02
B	1	0.95	1	1	1.01	1	2400	2308.85
Jam Puncak Sore								
U	1	0.95	1	1	1.04	0.97	4800	4624.32
T	1	0.95	1	1	1.21	0.97	2400	2687.85
B	1	0.95	1	1	1.03	1	2400	2343.97

Antrian

Tabel 6.. Data antrian Senin 17 November 2025

Data Antrian Puncak Hari Senin,17 November 2025			
Pendekatan	Pagi	Siang	Sore
Utara	94.96	89.38	121.34
Timur	107.98	77.58	57.32
Barat	58.40	32.85	43.02

Dari hasil survey panjang antrian puncak pada hari Senin, 17 November 2025 di atas Panjang antrian pada pagi hari antrian terpanjang berada pada Pendekat Timur dengan panjang antrian 107.98 m, pada siang hari antrian terpanjang berada pada Pendekat Utara dengan panjang antrian 89.38 m, dan pada sore hari antrian terpanjang berada pada Pendekat Utara dengan panjang antrian 121.34 m.

Tundaan

Survei tundaan kendaraan dilakukan bersamaan dengan pengambilan data volume lalu lintas dan antrian kendaraan selama tiga hari, yaitu pada Senin 17 November 2025, Rabu, 19 november 2025, dan Sabtu, 22 November 2025. Survei dilakukan secara manual selama 12 jam, mulai pukul 06.00 hingga 18.00 WIB. Tundaan puncak dibagi menjadi tiga periode, yaitu tundaan puncak pagi, tundaan puncak siang, dan tundaan puncak sore. Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan tundaan puncak pagi, siang, dan sore dari hasil pengamatan selama tiga hari tersebut. Untuk contoh perhitungan, digunakan volume tertinggi dari hasil survei selama tiga hari, yaitu tundaan puncak pada hari Senin, 17 November 2025.

Tabel 7. Data Tundaan Senin, 17 November 2025

Kode Pendekat	Tundaan (det/smp)	Tundaan rata-rata (det/smp)	Tingkat Pelayanan	Keterangan
Jam Puncak Pagi				
U	23	52.364	E	Sangat Buruk
T	164.95			
B	41.94			
Jam Puncak Siang				
U	22.65	41.851	E	Sangat Buruk
T	111.76			
B	35.95			
Jam Puncak Sore				
U	26.31	37.802	D	Kurang Baik
T	77.98			
B	38.00			

Dari hasil survey panjang tundaan rata-rata puncak pada hari Senin, 17 November 2025 yaitu pada pagi hari tundaan rata-rata 52.36 det/kendaraan, pada siang hari tundaan rata-rata 41.85 det/kendaraan, dan pada sore hari tundaan rata-rata 37.8 det/kend.

Evaluasi Antrian dan Tundaan pada Kondisi Eksisting

Survei antrian dilaksanakan untuk mengetahui jumlah kendaraan yang tertahan pada setiap lajur simpang akibat waktu fase lampu merah. Informasi yang diperoleh dimanfaatkan untuk menghitung banyaknya kendaraan yang mengantre serta estimasi panjang antreannya. Mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023, besaran NQ1 ditentukan oleh nilai derajat kejenuhan (DJ). Peningkatan nilai DJ akan berbanding lurus dengan kenaikan nilai NQ1 dan NQ2. Besarnya volume arus lalu lintas memiliki pengaruh langsung terhadap panjang antrean yang terjadi.

Tundaan pada simpang bersinyal dapat muncul akibat kondisi lalu lintas maupun karakteristik geometrik simpang. Tundaan lalu lintas berkaitan dengan pergerakan tiap kendaraan yang secara bersamaan melintasi simpang. Secara umum, tundaan didefinisikan sebagai tambahan waktu perjalanan yang dibutuhkan kendaraan untuk dapat melewati suatu simpang.

Evaluasi Kinerja Eksisting

Tabel 8. Data Antrian Puncak Senin, 17 November 2025

Data Antrian Puncak Hari Senin,17 November 2025				
Pendekatan	Waktu Hijau	Pagi	Siang	Sore
Utara	60	94.96	89.38	121.34
Timur	17	107.98	77.58	57.32
Barat	31	58.40	32.85	43.02

Tabel 9. Data Antrian Puncak Rabu, 19 November 2025

Data Antrian Puncak Hari Sabtu,22 November 2025				
Pendekatan	Waktu Hijau	Pagi	Siang	Sore
Utara	60	50.10	62.94	76.04
Timur	17	67.32	104.03	38.49
Barat	31	36.06	35.29	24.40

Tabel 10. Data Antrian Sabtu, 22 November 2025

Data Antrian Puncak Hari Senin,17 November 2025				
Pendekatan	Waktu Hijau	Pagi	Siang	Sore
Utara	60	49.59	64.19	107.01
Timur	17	282.05	119.51	79.95
Barat	31	62.86	32.40	36.15

Berdasarkan tabel-tabel diatas dapat disimpulkan bahwa, Jl. Frontage Gedangan pendekat Utara memiliki panjang antrian yang lebih sedikit dari lengan simpang lainnya.

Kinerja Simpang Eksisting

Tabel berikut menunjukkan data rata-rata tundaan pada setiap pendekatan selama tiga hari pengamatan. Setelah nilai tundaan rata-rata diketahui, tingkat pelayanan dapat ditentukan. Pada hari Senin pagi, siang, dan sore, tingkat pelayanan berturut-turut berada pada kelas E, E, dan D, sehingga belum memenuhi batas minimum yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015, yaitu tingkat pelayanan minimal kelas B. Pada hari Rabu pagi, siang, dan sore, tingkat pelayanan juga belum memenuhi standar dengan kategori F, F, dan D. Begitu pula pada hari Sabtu pagi, siang, dan sore, tingkat pelayanan masih di bawah standar, dengan kategori D, D dan D.

Tabel 11. Tingkat Pelayanan Senin, 17 November 2025 Simpang Frontage Gedangan Sidoarjo

Keterangan	Pendekat	Arus Q	Kapasitas C	Dj	Panjang antrian	H	Tundaan Rata-Rata TA+T G+T	Tundaan Rata- Rata Seluruh Simpang	Tingkat pelayanan
PAGI	U	1501	2254.92	0.67	94.96	60	27	52.364	E
	T	347	314.56	1.10	107.98	17	170		
	B	381	597.02	0.64	58.40	31	46		
SIANG	U	1444	2259.91	0.64	89.38	60	26	41.851	E
	T	309	311.54	0.99	77.58	17	116		
	B	243	597.02	0.41	32.85	31	40		
SORE	U	1742	2264.22	0.78	121.34	60	30	37.802	D
	T	277	314.62	0.88	57.32	17	82		
	B	302	599.35	0.50	43.02	31	42		

Tabel 12. Tingkat Pelayanan Rabu, 19 November 2025 Simpang Frontage Gedangan Sidoarjo

Keterangan	Pendekat	Arus Q	Kapasitas C	Dj	Panjang antrian	H	Tundaan Rata-Rata TL+TG=T	Tundaan Rata- Rata Seluruh Simpang	Tingkat pelayanan
PAGI	U	946	2240.66	0.42	49.59	60	22	156.361	F
	T	501	312.91	1.60	282.05	17	499		
	B	407	599.28	0.68	62.86	31	46		
SIANG	U	1146	2240.05	0.51	64.19	60	24	60.298	F
	T	359	315.14	1.14	119.51	17	191		
	B	241	593.93	0.40	32.40	31	40		
SORE	U	1627	2286.17	0.71	107.01	60	28	42.311	E
	T	319	319.40	1.00	79.95	17	116		
	B	263	592.49	0.44	36.15	31	40		

Tabel 13. Tingkat Pelayanan Sabtu, 22 November 2025 Simpang Frontage Gedangan Sidoarjo

Keterangan	Pendekat	Arus Q	Kapasitas C	Dj	Panjang antrian	H	Tundaan Rata-Rata TL+TG=T	Tundaan Rata- Rata Seluruh Simpang	Tingkat pelayanan
PAGI	U	961	2325.99	0.41	50.10	60	22	36.924	D
	T	342	391.03	0.87	67.32	17	76		
	B	263	597.19	0.44	36.06	31	40		
SIANG	U	1136	2291.32	0.50	62.94	60	24	53.197	E
	T	345	317.01	1.09	104.03	17	161		
	B	258	596.45	0.43	35.29	31	40		
SORE	U	1301	2296.36	0.57	76.04	60	25	30.912	D
	T	221	313.77	0.70	38.49	17	61		
	B	191	605.53	0.32	24.40	31	38		

Tingkat Pelayanan

Analisis karakteristik lalu lintas pada simpang bertujuan untuk mengevaluasi tingkat pelayanan jalan serta mengetahui kinerja simpang pada kondisi eksisting. Penilaian kinerja simpang dilakukan melalui kajian volume lalu lintas, panjang antrean kendaraan, besarnya tundaan, dan pengaruh hambatan samping. Penentuan tingkat pelayanan persimpangan didasarkan pada pertimbangan nilai tundaan dan kapasitas simpang yang tersedia.

Tabel 14. Tabel tingkat pelayanan berdasarkan Tundaan

Tingkat Pelayanan	Tundaan (detik)
A	≤ 5
B	5,1 - 15
C	15,1 - 25
D	25,1 - 40
E	40,1 - 60
F	> 60

Tingkat Pelayanan Pada Saat Jam Puncak

Tabel 15. Tingkat pelayanan pada Senin, 17 November 2025

Hari	Jam Puncak	Kapasitas (smp/jam)	Arus Lalu Lintas	Derajat Kejenuha	Tundaan rata-rata	Tingkat Pelayanan	Tingkat pelayanan Minimum
Senin	Pagi (07.30-08.30)	314.56	347	1.10	52.36	E	B
	Siang (13.45-14.45)	311.54	347	0.99	41.851	E	B
	Sore (17.00-18.00)	314.62	277	0.88	37.802	D	B

Tabel 16. Tingkat pelayanan pada Rabu, 19 November 2025

Hari	Jam Puncak	Kapasitas (smp/jam)	Arus Lalu Lintas	Derajat Kejenuha	Tundaan rata-rata	Tingkat Pelayanan	Tingkat pelayanan Minimum
Rabu	Pagi (09.30-10.30)	312.91	501	1.60	156.36	F	B
	Siang (13.30-14.30)	315.14	359	1.14	60.298	F	B
	Sore (17.00-18.00)	319.40	319	1.00	42.311	E	B

Tabel 17. Tingkat pelayanan pada Sabtu, 22 November 2025

Hari	Jam Puncak	Kapasitas (smp/jam)	Arus Lalu Lintas	Derajat Kejenuha	Tundaan rata-rata	Tingkat Pelayanan	Tingkat pelayanan Minimum
Sabtu	Pagi (07.00-08.00)	342.05	342	0.87	36.92	D	B
	Siang (13.00-13.15)	317.01	345	1.09	53.197	E	B
	Sore (16.30-17.30)	313.77	221	0.70	30.912	D	B

Dari tabel diatas, dapat disimpulkan bahwa tingkat pelayanan persimpangan Jl Laksada Adi Sucipto – Jl Sunandar Priyo Sudarmo – Jl Raden Panji Suro Jl. Frontage Gedangan Utara, Jalan Raya Ketajen Timur, Jl. Fontage Gedangan Selatan, Jl. Ketajen Barat Kota Sidoarjo memiliki tingkat pelayanan yang buruk berdasarkan dari hasil survey lapangan maupun perhitungan PKJI 2023. Dikarenakan tingkat pelayanan yang buruk maka perlu direncanakan suatu perbaikan agar tingkat pelayanan simpang yang dihasilkan sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Th. 2015 yaitu minimal B.

Analisis Data Menggunakan *Vissim* 2023

Pengolahan data dengan menggunakan perangkat lunak Vissim 23 dilakukan dengan mengikuti tahapan pemodelan simulasi yang telah dijelaskan pada Bab III, yaitu memasukkan data hasil pengolahan. Data yang diinput meliputi jaringan jalan, tipe kendaraan, volume kendaraan pada setiap lengan simpang, kecepatan kendaraan, serta pengaturan pengendali sinyal berdasarkan hasil survei di lokasi penelitian. Setelah seluruh data dimasukkan, simulasi dijalankan. Namun, keluaran simulasi belum merepresentasikan kondisi eksisting secara akurat karena proses kalibrasi belum dilakukan. Kalibrasi merupakan tahapan penyesuaian untuk menyamakan perilaku kendaraan dalam model dengan kondisi nyata di lapangan.



Gambar 4. Visualisasi Simpang Menggunakan Software *Vissim* 23

Setelah dilakukan proses kalibrasi, berikut tabel hasil simulasi yang dihasilkan mendekati kondisi eksisting:

Tabel 18. Nilai Tundaan dan Panjang Antrian Simpang Frontage Gedangan Sidoarjo Menggunakan *Vissim* 23

Kode Pendekatan	Tundaan (det/smp)	Panjang Antian
Utara	153	121
Timur	69	57
Barat	43	70

Berdasarkan hasil simulasi vissim 23 pada tabel di atas di dapat tundaan rata-rata pada pendekat utara sebesar 153 m, dan Panjang antraian rata-rata pada pendekat Utara sebesar 121 m

Perbandingan Hasil Analisis PKJI 2023 Dan *Vissim* 2023

Setelah menganalisa data menggunakan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023 dan Aplikasi Vissim 23, maka dilakukan perbandingan pada simpang bersinyal LA Sucipto jam puncak sore Senin 17 November 2025. Perbandiangan hasil analisa tersebut diringkas dalam tabel dibawah ini:

Tabel 19. Perbandingan Hasil Analisis Metode PKJI 2023 dan Aplikasi *Vissim* 23 Simpang Frontage Gedangan

Kode Pendekatan	Tundaan (det/smp)		Panjang Antian	
	PKJI 2023	VISSIM	PKJI 2023	VISSIM
Utara	153	135	121	190
Timur	69	164	57	150
Barat	43	69	43	70

Berdasarkan hasil analisis menggunakan PKJI 2023 dan Vissim 23 yang disajikan pada tabel di atas, diperoleh nilai tundaan dan panjang antrean dengan perbedaan yang cukup signifikan. Perbedaan tersebut terjadi karena pada analisis menggunakan perangkat lunak Vissim 23, jarak antar kendaraan dalam simulasi dapat menjadi lebih rapat, sehingga nilai tundaan dan panjang antrean yang dihasilkan cenderung lebih kecil dibandingkan dengan hasil perhitungan berdasarkan PKJI 2023.

Alternatif Untuk Perbaikan Kinerja Simpang

Dari evaluasi yang telah dilakukan, didapatkan hasil kinerja simpang yang melebihi syarat yang telah ditentukan. Oleh karena itu perlu dilakukan perencanaan perbaikan dengan tujuan meningkatkan kinerja simpang pada Jl. Frontage Gedangan Utara, Jalan Raya Ketajen Timur, Jl. Fontage Gedangan Selatan, Jl. Ketajen Barat Kota Sidoarjo. Ada 3 pilihan Solusi alternatif perbaikan simpang yang akan direncanakan, yaitu:

1. Optimasi waktu sinyal 3 fase.
2. Optimasi Waktu Sinyal menjadi 2 fase.
3. Pengaturan waktu sinyal 2 fase +pelebaran jalan.

Dari ketiga skenario alternatif tersebut akan dipilih alternatif terbaik dengan mempertimbangkan apakah alternatif tersebut dapat diterapkan pada kondisi eksisting atau tidak.

Alternatif 1 Optimasi Sinyal

Untuk perencanaan alternatif I akan dilakukan Optimasi waktu sinyal perubahan waktu hijau dan merah. Untuk perencanaan, digunakan volume arus lalu lintas tertinggi selama survey 3 hari yaitu hari Senin 17 November 2025. Untuk hasil perhitunganya dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 20. Optimasi waktu sinyal 3 fase

Senin,17 November 2025							
Pendekat	RKH	NKH	Tundaan (detik/smp			Tundaan rata-rata	Tingkat Pelayanan
			TL	TG	TT		
Jam Puncak Pagi							
U	0.68	1025.52	23.26	3.68	26.94	52.36	E
T	1.68	583.11	164.95	4.68	169.63		
B	0.83	315.35	41.94	3.83	45.77		
Jam Puncak Siang							
U	0.67	965.28	22.65	3.67	26.31	41.85	E
T	1.35	418.94	111.76	4.35	116.11		
B	0.73	177.41	35.95	3.73	39.68		
Jam Puncak Sore							
U	0.75	1310.50	26.31	3.75	30.06	37.80	D
T	1.12	309.55	77.98	4.12	82.10		
B	0.77	232.31	38.00	3.77	41.77		

Dari perhitungan diatas didapatkan tundaan rata- rata sebesar 52.26 det/smp. Belum memenuhi syarat yang ditetntukan.

Alternatif 2 Pengaturan Waktu Sinyal Menjadi 2 Fase

Pada alternatif ini, akan dilakukan perubahan pada fase eksisting yaitu tiga fase menjadi dua. diambil volume yaitu pada hari Rabu 17 November 2025 jam puncak sore.

Tabel 21. Perubahan geometrik simpang

Kinerja simpang Gedangan Sdoarjoi Senin, 17 november 2025									
Ket.	Pendekat	ebar masuk	Arus (Q)	Kapasitas	DJ	PA	HI	Tundaan rata-rata	Tingkat Pelayanan
		meter	smp/jam	smp/jam		meter	detik	det/smp	Simpang
Pagi	Utara	9.00	1501	2536.789	0.59	89.38	60	34.17	D
	Timur	5.50	347	432.519	0.80	62.81	17		
	Barat	5.50	381	815.238	0.47	53.23	31		
Siang	Utara	9.00	1444	2542.402	0.57	84.44	60	31.82	D
	Timur	5.50	309	428.3735	0.72	53.10	17		
	Barat	5.50	243	820.9029	0.30	31.13	31		
Sore	Utara	9.00	1742	2527.001	0.69	112.20	60	32.34	D
	Timur	5.50	277	432.6042	0.64	45.55	17		
	Barat	5.50	302	824.0823	0.37	40.23	31		

Tabel 21. Perubahan geometrik simpang

Kinerja simpang Gedangan Sdoarjoi Senin, 17 november 2025									
Ket.	Pendekat	ebar masuk	Arus (Q)	Kapasitas	DJ	PA	HI	Tundaan rata-rata	Tingkat Pelayanan
		meter	smp/jam	smp/jam		meter	detik	det/smp	Simpang
Pagi	Utara	9.00	1501	2536.789	0.59	89.38	60	34.17	D
	Timur	5.50	347	432.519	0.80	62.81	17		
	Barat	5.50	381	815.238	0.47	53.23	31		
Siang	Utara	9.00	1444	2542.402	0.57	84.44	60	31.82	D
	Timur	5.50	309	428.3735	0.72	53.10	17		
	Barat	5.50	243	820.9029	0.30	31.13	31		
Sore	Utara	9.00	1742	2527.001	0.69	112.20	60	32.34	D
	Timur	5.50	277	432.6042	0.64	45.55	17		
	Barat	5.50	302	824.0823	0.37	40.23	31		

Berdasarkan tabel diatas, perubahan pengaturan waktu sinyal menjadi 2 fase menghasilkan perubahan yang signifikan.Dimana berdasarkan peraturan perhubungan Republik Indonesia No. 96 Tahun 2015 masuk dalam Tingkat pelayanan **B.**

Alternatif 3 Optimasi Waktu Sinyal 2 Fase dan Pelebaran Jalan

Alternatif ini akan menggabungkan kedua alternatif yaitu pengaturan waktu sinyal 2 fase dan pelebaran jalan. Untuk pengoptimalan, diambil sampel volumen kendaraan pada hari Senin 17 November 2025 jam puncak sore.

Tabel 22. Pengaturan Waktu Sinyal 2 fase dan Pelebaran Jalan

Kinerja simpang Gedangan Sdoarjoi Senin, 17 november 2025									
Ket.	Pendekat	ebar masuk	Arus (Q)	Kapasitas	DJ	PA	HI	Tundaan rata-rata	Tingkat Pelayanan
		meter	smp/jam	smp/jam		meter	detik	det/smp	Simpang
Pagi	Utara	9.00	1501	2435.317	0.62	39.23	24	14.49	B
	Timur	5.50	347	854.861	0.41	10.01	14		
	Barat	5.00	381	1032.794	0.37	8.69	18		
Siang	Utara	9.00	1444	1906.802	0.76	46.08	24	14.62	B
	Timur	5.50	309	661.459	0.47	9.80	14		
	Barat	5.00	243	812.4772	0.30	5.02	18		
Sore	Utara	9.00	1742	1895.251	0.92	63.61	24	14.36	B
	Timur	5.50	277	667.9918	0.42	8.43	14		
	Barat	5.00	302	815.624	0.37	6.81	18		

Dari perhitungan diatas tundaan rata- rata yang dihasilkan yaitu sebesar 14,62 det/kend. Dimana berdasarkan peraturan perhubungan Republik Indonesia No. 96 Tahun 2015 masuk dalam Tingkat pelayanan B.

Pemilihan Alternatif Yang Direkomendasikan

Setelah mengetahui kinerja simpang tersebut, langkah selanjutnya adalah merencanakan alternatif perbaikan. Dari perhitungan – perhitungan tersebut maka di gunakan alternatif III yaitu:

Menggunakan alternatif III dengan 2 fase dengan pelebaran geometrik untuk utara 2 m, timut 3 m, dan barat 3 m. Pada perencanaan sebelumnya, simpang bersinyal ini menggunakan 3 fase dengan pelebaran geometrik pada 4 lengan yaitu pendekat barat L= 4 m menjadi L= 5.5 m, pendekat utara L= 8 m menjadi L= 9 m dan pendekat Timur L = 4 m menjadi L= 5.5 m. Dari hasil perhitungan didapat Panjang antrian maksimum sebesar 20.62 m, DJ 0.37, tundaan rata-rata maksimum 12.940det/smp, tingkat pelayanan B. Sehingga alternatif layak di gunakan untuk alternatif 3.

Prediksi Kendaraan 5 Tahun

Evaluasi kinerja simpang untuk proyeksi lima tahun ke depan dilakukan guna memprediksi tingkat kelayakan jalan berdasarkan nilai derajat kejenuhan (DJ) dan tundaan (D) sesuai ketentuan PKJI 2023. Penilaian kinerja simpang pada periode 2024–2029 memerlukan analisis pertumbuhan penduduk serta peningkatan volume kendaraan yang melintasi simpang tersebut.

Analisis Pertumbuhan Lalu Lintas

Proyeksi volume kendaraan pada masa mendatang dilakukan pada ruas jalan nasional sebagai salah satu pendekatan dalam analisis sektor transportasi. Besaran laju pertumbuhan kendaraan mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2017. Berdasarkan pedoman tersebut, faktor pertumbuhan lalu lintas untuk jalan arteri dan jalan perkotaan di Pulau Jawa ditetapkan sebesar 4,8% per tahun sesuai dengan tingkat kenaikan volume lalu lintas.

Tabel 23. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor Rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017

Menggunakan nilai persentase tersebut digunakan untuk memprediksikan pertumbuhan kendaraan dengan model sebagai berikut:

$$Pn = \langle\!\langle\ Po\ (1+r)\ \rangle\!\rangle\ \ ^{\wedge}n$$

Diketahui :
Pn = Volume kendaraan saat n tahun
Po = Volume kendaraan tahun dasar
r = Angka pertumbuhan
n = Jumlah tahun/waktu proyeksiI

Tabel 25. Lalu Lintas Puncak 2025 (Senin Sore)

2025					
Pendekatan	Arah	Motor	Kend.Ringan	Kend.Berat	Total
		kend/jam	kend/jam	kend/jam	Total
U	Bkl	512	120	98	730
	Kanan	313	33	18	364
	Lrs	3950	511	162	4623
T	Lrs	830	48	46	924
	Bkl	103	10	15	128
B	Lrs	891	69	61	1021
	Bka	14	4	11	29

Sumber: Pengolahan data

Berdasarkan hasil perhitungan laju pertumbuhan kendaraan di Kota Malang diperoleh hasil sebesar 4,8% pertahun. Kemudian akan dilakukan prediksi kinerja persimpangan jalan frontage gedangan denga cara menghitung nilai volume 2025 kendaraan pada tahun dasar kondisi eksisting tahun.

Contoh perhitungan:

$$Pn = Po\,(1 + r)^n$$

Pn = 512 (1+4.8%)^5

= 285 kendaraan/jam

Tabel 26. Hasil Analisis Pertumbuha Lalu Lintas

2030					
Pendekatan	Arah	Motor	Kend.Ringan	Kend.Berat	Total
		kend/jam	kend/jam	kend/jam	Total
U	Bki	648	152	124	924
	Kanan	396	42	23	461
	Lrs	4994	646	205	5845
	Total	6038	840	352	7230
T	Lrs	1050	61	59	1170
	Bki	131	13	19	163
	Total	1181	74	78	1333
B	Lrs	1127	88	78	1293
	Bka	18	6	14	38
	Total	1145	94	92	1331

(2029)

Sumber: Pengolahan data

Tabel 27. Hasil Analisis Pertumbuhan Lalu Lintas Pada Alternatif III Tahun 2030

Keterangan	Pendekatan	Arus	Kapasitas C	Dj	Panjang Antrian	HI	Tundaan Rata-Rata TL+TG+T	Tundaan Rata-Rata Seluruh Simpang	Tingkat Pelayanan
Sore	Utara	2203	2425.92	0.91	49.74	24	18.39	17.650	D
	Timur	353	855.03	0.41	13.93	14	16.99		
	Barat	385	1044.00	0.37	13.50	18	14.05		

Dari perhitungan pertumbuhan kendaraan 5 tahun mendatang di dapat hasil tundaan rata-rata pada alternatif III, yaitu mempunyai tundaan sebesar 17.65 det/smp dengan tingakat pelayanan **D**. Dimana berdasarkan peraturan perhubunga Republik Indonesia No. 96 Tahun 2015 alternatif III tidak lagi memiliki pelayanan yang baik pada persimpang Fronteg Gedangan 5 tahun mendatang karena memiliki pelayanan **C**, yang dimana Simpang empat bersinyal pada jalan Kolektor Primer menurut Peraturan Menteri Perhubungan RI No. 96 Tahun 2015 wajib memiliki tingkat pelayanan minimal B.

Analisis BOK

Biaya operasional kendaraan merupakan biaya total yang digunakan untuk pengoperasian kendaraan pada suatu kondisi lalu lintas dengan satuan Rupiah/Kilometer. Biaya Operasional Kendaraan meliputi biaya KBBM, biaya konsumsi oli, biaya suku cadang, biaya upah pemeliharaan serta biaya ban. Dalam penelitian ini, biaya operasional yang dihitung hanya biaya konsumsi bahan bakar minyak saja.

Biaya Konsumsi Bahan Bakan

Berikut adalah contoh perhitungan biaya konsumsi bahan bakar pada simpang fronteg gedangan. Sebagai contoh digunakan data tundaan lalu lintas pada hari Senin pagi, 17 November 2025.

1. Tundaan rata-rata simpang

Tabel 28. Tundaan simpang Sabtu siang, 22 November 2025

Periode	Tundaan	Tingkat Pelayanan
	detik	
06.00-07.00	15	B
07.00-08.00	15	B
08.00-09.00	15	B
09.00-10.00	15	B
10.00-11.00	15	B
11.00-12.00	15	B
12.00-13.00	15	B
13.00-14.00	15	B
14.00-15.00	15	B
15.00-16.00	15	B
16.00-17.00	15	B
17.00-18.00	15	B

2. Konsumsi bahan bakar minyak (KBBM)

Perhitungan KBBM pada simpang Frontage Gedangan Sidoarjo dilakukan dengan menggunakan persamaan pendekatan yang dikembangkan oleh LAPI-ITB. Jenis konsumsi bahan bakar yang dianalisis dalam kajian ini adalah KBBK pada kondisi *idle*. Kondisi *idle* menggambarkan keadaan kendaraan saat berhenti atau bergerak dengan kecepatan sangat rendah, sehingga kebutuhan energi yang digunakan relatif kecil. Selanjutnya, disajikan contoh perhitungan KBBM di simpang Frontage Gedangan Sidoarjo pada hari Senin, 17 November 2025.

Menggunakan formula pendekat yang diajukan oleh LAPI-ITB untuk menghiitung KBBM dalam kondisi idle:

KBBM = 140 x 10-2 x Qi x T

Dimana:

140×10^{-2} = 1,4 (liter/smp-jam)

T = Tundaan rata-rata simpang (detik)

Qi = Jumlah kendaraan jenis i (smp/jam)

Periode	Jumlah kendaraan (kend/jam)			Tundaan
	Sepeda Motor	Kendaraan Sedang	Kendaraan Berat	detik
06.00-07.00	2592	338	141	15
07.00-08.00	4358	418	164	15
08.00-09.00	5647	397	150	15
09.00-10.00	3463	361	185	15
10.00-11.00	2046	437	263	15
11.00-12.00	2078	362	262	15
12.00-13.00	1702	362	209	15
13.00-14.00	1825	410	276	15
14.00-15.00	2228	459	294	15
15.00-16.00	3948	633	270	15
16.00-17.00	4982	563	232	15
17.00-18.00	5101	700	210	15

Contoh perhitungan KBBM untuk sepeda motor jam puncak pagi:

KBBM Sepeda Motor untuk jam puncak pagi

KBBM = 1,4 x Qi x Tundaan total

KBBM = 1,4 x 5647 x (15/3600)

KBBM = 1,4 x 5647 x 0,00416

KBBM = 32.94 liter

KBBM Kendaraan Sedang jam puncak pagi
KBBM = 1,4 x Qi x Tundaan total
KBBM = 1,4 x 397 x (15/3600)
KBBM = 1,4 x 397 x 0,00416
KBBM = 2.32 liter
KBBM Kendaraan Berat untuk jam puncak pagi
KBBM = 1,4 x Qi x Tundaan total
KBBM = 1,4 x 150 x (15/3600)
KBBM = 1,4 x 150 x 0,00416
KBBM = 0.88 liter

Tabel 29. rekapitulasi konsumsi bahan bakar minyak pada simpang LA Sucipto hari Senin, 17 November 2025

Periode	Tundaan	
	Jam	SM
06.00-.07.00	0.00417	15.12
07.00-08.00	0.00417	25.42
08.00-09.00	0.00417	32.94
09.00-10.00	0.00417	20.20
10.00-11.00	0.00417	11.94
11.00-12.00	0.00417	12.12
12.00-13.00	0.00417	9.93
13.00-14.00	0.00417	10.65
14.00-15.00	0.00417	13.00
15.00-16.00	0.00417	23.03
16.00-17.00	0.00417	29.06
17.00-18.00	0.00417	29.76

3. Biaya Konsumsi Bahan Bakar Minyak

Tabel 30. Harga Satuan BMM

NO	Item Biaya	Harga Ekonomi	Satuan	Keterangan
1	Pertalite (HBBMj)	10,000	Rp/liter	Data Sekunder/Hasil Survei
2	Solar (HBBMj)	6,800	Rp/liter	Data Sekunder/Hasil Survei

Contoh perhitungan Biaya Konsumsi Bahan Bakar Minyak (BiBBM) pada simpang Frontage Gedangan hari Senin, 17 November 2025 jam puncak sore. Dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 31. rekapitulasi Biaya Operasional kendaraan pada simpang Frontage Gedanga hari Senin, 17 November 2025

Rekapitulasi Biaya Operasional pada Simpang Frontage Gedangan Senin, 17 November 2025										
Periode	Tundaan	KBBM (liter)			BIBBM (RP)					
	Jam	SM	KS	KB	SM		KS		KB	
06.00- 07.00	0.00417	15.12	1.97	0.82	Rp	151,200.00	Rp	19,716.67	Rp	5,593.00
07.00-08.00	0.00417	25.42	2.44	0.96	Rp	254,216.67	Rp	24,383.33	Rp	6,505.33
08.00-09.00	0.00417	32.94	2.32	0.88	Rp	329,408.33	Rp	23,158.33	Rp	5,950.00
09.00-10.00	0.00417	20.20	2.11	1.08	Rp	202,008.33	Rp	21,058.33	Rp	7,338.33
10.00-11.00	0.00417	11.94	2.55	1.53	Rp	119,350.00	Rp	25,491.67	Rp	10,432.33
11.00-12.00	0.00417	12.12	2.11	1.53	Rp	119,350.00	Rp	21,116.67	Rp	10,392.67
12.00-13.00	0.00417	9.93	2.11	1.22	Rp	121,216.67	Rp	21,116.67	Rp	8,290.33
13.00-14.00	0.00417	10.65	2.39	1.61	Rp	99,283.33	Rp	23,916.67	Rp	10,948.00
14.00-15.00	0.00417	13.00	2.68	1.72	Rp	106,458.33	Rp	26,775.00	Rp	11,662.00
15.00-16.00	0.00417	23.03	3.69	1.58	Rp	129,966.67	Rp	36,925.00	Rp	10,710.00
16.00-17.00	0.00417	29.06	3.28	1.35	Rp	280,616.67	Rp	32,841.67	Rp	9,202.67
17.00-18.00	0.00417	29.76	4.08	1.23	Rp	297,558.33	Rp	40,833.33	Rp	8,330.00
TOTAL					Rp	2,220,633.33	Rp	317,333.33	Rp	105,354.67

BOK dengan Tundaan Pada Saat Kondisi Eksisting

- Tundaan rata-rata (KBBM)
  Diambil tundaan rata-rata simpang pada hari Senin, 17 November 2025 sebagai contoh perhitungan

Periode	Tundaaan rata-rata (detik)	Tingkat Pelayanan
06.00-.07.00	52.364	E
07.00-08.00		
08.00-09.00		
09.00-10.00		
10.00-11.00	41.851	E
11.00-12.00		
12.00-13.00		
13.00-14.00		
14.00-15.00	37.802	D
15.00-16.00		
16.00-17.00		
17.00-18.00		

- Konsumsi Bahan Bakar Minyak (KBBM)
  Sebagai contoh perhitungan, digunakan volume lalu lintas periode sore pada hari Senin, 17 November 2025.

Periode	Jumlah kendaraan (kend/jam)		
	Sepeda Motor	Kendaraan Sedang	Kendaraan Berat
06.00-07.00	2592	338	141
07.00-08.00	4358	418	164
08.00-09.00	5647	397	150
09.00-10.00	3463	361	185
10.00-11.00	2046	437	263
11.00-12.00	2078	362	262
12.00-13.00	1702	362	209
13.00-14.00	1825	410	276
14.00-15.00	2228	459	294
15.00-16.00	3948	633	270
16.00-17.00	4982	563	232
17.00-18.00	5101	700	210

- Biaya Konsumsi Bahan Bakar Minyak (KBBM)

Item Biaya	Harga Ekonomi	Satuan	Keterangan
Pertalite (HBBMj)	10,000	Rp/liter	Data Sekunder/Hasil Survei
Solar (HBBMj)	6,800	Rp/liter	Data Sekunder/Hasil Survei

Biaya Kerugian Akibat Kemacetan Lalu Lintas

Tabel 32. Biaya Perjalan

Periode	Tundaan	KBBM (liter)			BIBBM (RP)		
	Jam	SM	KS	KB	SM	KS	KB
06.00-.07.00	0.01455	52.78	6.88	2.87	Rp 527,829.49	Rp 68,829.62	Rp 19,524.80
07.00-08.00	0.01455	88.75	8.51	3.34	Rp 887,454.05	Rp 85,120.65	Rp 22,709.70
08.00-09.00	0.01455	114.99	8.08	3.05	Rp 1,149,943.33	Rp 80,844.25	Rp 20,771.07
09.00-10.00	0.01455	41.66	7.35	3.77	Rp 416,643.18	Rp 73,513.29	Rp 25,617.65
10.00-11.00	0.01163	33.30	7.11	4.28	Rp 332,991.54	Rp 71,122.83	Rp 29,106.65
11.00-12.00	0.01163	33.82	5.89	4.26	Rp 338,199.62	Rp 58,916.39	Rp 28,995.98
12.00-13.00	0.01163	27.70	5.89	3.40	Rp 277,004.69	Rp 58,916.39	Rp 23,130.38
13.00-14.00	0.01163	29.70	6.67	4.49	Rp 297,023.25	Rp 66,728.51	Rp 30,545.38
14.00-15.00	0.01050	32.75	6.75	4.32	Rp 327,536.95	Rp 67,477.32	Rp 29,390.12
15.00-16.00	0.01050	58.04	9.31	3.97	Rp 580,393.12	Rp 93,056.95	Rp 26,990.93
16.00-17.00	0.01050	73.24	8.28	3.41	Rp 732,400.84	Rp 82,766.29	Rp 26,990.93
17.00-18.00	0.01050	74.99	10.29	3.09	Rp 749,894.95	Rp 102,906.58	Rp 20,992.94
TOTAL					Rp 6,617,315.02	Rp 910,199.07	Rp 304,766.53

Biaya kerugian yang timbul akibat kemacetan lalu lintas dihitung berdasarkan selisih antara BiBBM pada kondisi eksisting dengan tundaan aktual dan BiBBM pada kondisi tundaan normal. Tundaan normal tersebut mengacu pada tingkat pelayanan jalan kolektor primer, yaitu minimal berada pada tingkat pelayanan B dengan rentang tundaan sekitar 5–15 detik, di mana nilai tundaan 15 detik digunakan sebagai acuan kondisi normal. Selanjutnya, disajikan contoh perhitungan biaya kerugian akibat kemacetan lalu lintas pada periode pagi hari Senin, 17 November 2025.

Tabel 33. Rekapitulasi Biaya Kerugian hari Senin, 17 November 2025

Periode	Tundaan	Biaya Kerugian Akibat Kemacetan Lalu Lintas					Total Rp/liter-smp/jam
	Jam	SM		KS		KB	
06.00-.07.00	0.0104	Rp	376,629.49	Rp 49,112.95	Rp 13,931.80	Rp	439,674.24
07.00-08.00	0.0104	Rp	633,237.39	Rp 60,737.32	Rp 16,204.37	Rp	710,179.07
08.00-09.00	0.0104	Rp	820,535.00	Rp 57,685.92	Rp 14,821.07	Rp	893,041.99
09.00-10.00	0.0104	Rp	214,634.85	Rp 52,454.96	Rp 18,279.32	Rp	285,369.12
10.00-11.00	0.0075	Rp	213,641.54	Rp 45,631.16	Rp 18,674.32	Rp	277,947.02
11.00-12.00	0.0075	Rp	218,849.62	Rp 37,799.73	Rp 18,603.31	Rp	275,252.66
12.00-13.00	0.0075	Rp	155,788.03	Rp 37,799.73	Rp 14,840.05	Rp	208,427.80
13.00-14.00	0.0075	Rp	197,739.91	Rp 42,811.84	Rp 19,597.38	Rp	260,149.14
14.00-15.00	0.0063	Rp	221,078.61	Rp 40,702.32	Rp 17,728.12	Rp	279,509.05
15.00-16.00	0.0063	Rp	450,426.45	Rp 56,131.95	Rp 16,280.93	Rp	522,839.33
16.00-17.00	0.0063	Rp	441,784.17	Rp 49,924.63	Rp 17,788.26	Rp	509,497.06
17.00-18.00	0.0063	Rp	452,336.62	Rp 62,073.25	Rp 12,662.94	Rp	527,072.81
Total Biaya Kerugian Akibat Kemacetan (Rp/jam)						Rp	5,188,959.28

Tabel 24 Rekapitulasi Biaya Kerugian hari Rabu, 19 November 2025

Periode	Tundaan	Biaya Kerugian Akibat Kemacetan Lalu Lintas					Total Rp/liter-smp/jam
	Jam	SM		KS		KB	
06.00-.07.00	0.0393	Rp	1,175,888.83	Rp 142,382.05	Rp 42,615.66	Rp	1,360,886.55
07.00-08.00	0.0393	Rp	2,490,373.35	Rp 230,198.67	Rp 62,933.08	Rp	2,783,505.09
08.00-09.00	0.0393	Rp	3,276,743.51	Rp 217,895.85	Rp 57,699.57	Rp	3,552,338.93
09.00-10.00	0.0393	Rp	1,149,029.90	Rp 200,263.63	Rp 71,338.66	Rp	1,420,632.19
10.00-11.00	0.0126	Rp	369,810.47	Rp 84,272.61	Rp 36,541.72	Rp	490,624.81
11.00-12.00	0.0126	Rp	377,314.19	Rp 63,535.78	Rp 33,962.60	Rp	474,812.57
12.00-13.00	0.0126	Rp	281,620.53	Rp 62,135.78	Rp 25,233.88	Rp	368,990.19
13.00-14.00	0.0126	Rp	332,629.60	Rp 78,918.68	Rp 29,946.82	Rp	441,495.11
14.00-15.00	0.0076	Rp	274,979.75	Rp 39,934.26	Rp 15,238.75	Rp	330,152.76
15.00-16.00	0.0076	Rp	389,158.92	Rp 47,581.25	Rp 18,199.83	Rp	454,940.00
16.00-17.00	0.0076	Rp	409,007.59	Rp 42,164.64	Rp 17,287.50	Rp	468,459.72
17.00-18.00	0.0076	Rp	470,608.31	Rp 66,592.51	Rp 18,633.16	Rp	555,833.98
Total Biaya Kerugian Akibat Kemacetan (Rp/jam)						Rp	12,702,671.89

Tabel 35. Rekapitulasi Biaya Kerugian hari Sabtu, 22 November 2025

Periode	Tundaan	Biaya Kerugian Akibat Kemacetan Lalu Lintas					Total Rp/liter-smp/jam
	Jam	SM		KS		KB	
06.00-.07.00	0.0393	Rp	1,009,868.06	Rp 124,240.71	Rp 33,270.12	Rp	1,167,378.90
07.00-08.00	0.0393	Rp	2,504,315.01	Rp 232,357.00	Rp 62,615.74	Rp	2,799,287.76
08.00-09.00	0.0393	Rp	3,312,676.84	Rp 222,504.18	Rp 55,755.91	Rp	3,590,936.93
09.00-10.00	0.0393	Rp	1,151,538.23	Rp 194,838.63	Rp 69,117.33	Rp	1,415,494.19
10.00-11.00	0.0126	Rp	393,668.80	Rp 78,147.61	Rp 34,756.72	Rp	506,573.14
11.00-12.00	0.0126	Rp	401,172.52	Rp 60,560.78	Rp 34,398.94	Rp	496,132.24
12.00-13.00	0.0126	Rp	305,770.53	Rp 61,319.11	Rp 26,146.21	Rp	393,235.85
13.00-14.00	0.0126	Rp	307,604.60	Rp 73,810.11	Rp 30,665.55	Rp	412,080.26
14.00-15.00	0.0076	Rp	259,941.38	Rp 49,811.62	Rp 16,683.18	Rp	326,436.18
15.00-16.00	0.0076	Rp	294,100.19	Rp 48,961.96	Rp 14,444.31	Rp	357,506.46
16.00-17.00	0.0076	Rp	337,529.50	Rp 49,599.21	Rp 12,619.64	Rp	399,748.35
17.00-18.00	0.0076	Rp	400,192.31	Rp 48,324.71	Rp 14,877.64	Rp	463,394.66
Total Biaya Kerugian Akibat Kemacetan (Rp/jam)						Rp	12,328,204.91

Catatan : Tundaan (jam) merupakan tundaan yang diperoleh dari hasil tundaan pada saat kondisi eksisting dikurangi dengan tundaan pada saat normal dengan satuan jam.

Tabel 3.6 Rekapitulasi Biaya Kerugian untuk Hari, Bulan, dan Tahun

Senin, 17 November 2025				
No	Rp/Jam	Rp/Hari	Rp/Bulan	Rp/Tahun
1	Rp 5,188,959.28	Rp 41,511,674.26	Rp 1,079,303,530.81	Rp13,159,200,741.03

Rabu, 19 November 2025				
No	Rp/Jam	Rp/Hari	Rp/Bulan	Rp/Tahun
1	Rp 12,702,671.89	Rp 101,621,375.14	Rp 2,642,155,753.75	Rp32,213,975,920.71

Sabtu, 22 November 2025				
No	Rp/Jam	Rp/Hari	Rp/Bulan	Rp/Tahun
1	Rp 12,328,204.91	Rp 98,625,639.26	Rp 2,564,266,620.68	Rp31,264,327,644.44

Hubungan Tundaan Dengan Biaya Konsumsi Bahan Bakar Minyak

Untuk mengetahui hubungan tundaan dengan biaya konsumsi bahan bakar minyak digunakan analisis persamaan linear sederhana.

Tabel 36. Nilai Tundaan dan BiBBM simpang Frontage Gedangan Senin, 17 November 2025

Periode	Tundaan (jam)	BiBBM (Rp)
	X	Y
06.00-.07.00	0.0104	Rp 527,829.49
07.00-08.00	0.0104	Rp 887,454.05
08.00-09.00	0.0104	Rp 1,149,943.33
09.00-10.00	0.0104	Rp 416,643.18
10.00-11.00	0.0075	Rp 332,991.54
11.00-12.00	0.0075	Rp 58,916.39
12.00-13.00	0.0075	Rp 277,004.69
13.00-14.00	0.0075	Rp 297,023.25
14.00-15.00	0.0063	Rp 327,536.95
15.00-16.00	0.0063	Rp 580,393.12
16.00-17.00	0.0063	Rp 732,400.84
17.00-18.00	0.0063	Rp 749,894.95

Tabel 37. Tundaan (Variabel independen/bebas atau X) dan BiBBM (Variabel dependen/terikat atau Y) Senin, 17 November 2025

Subjek		X	Y	XY	X^2	Y^2
06.00-07.00	1	0.0104	527829.49	5478.288953	0.00011	278603968052.713
07.00-08.00	2	0.0104	887454.05	9210.796009	0.00011	787574697476.669
08.00-09.00	3	0.0104	1149943.33	11935.14572	0.00011	1322369667096.740
09.00-10.00	4	0.0104	416643.18	4324.29753	0.00011	173591542401.500
10.00-11.00	5	0.0075	332991.54	2483.620539	0.00006	110883367298.133
11.00-12.00	6	0.0075	58916.39	439.4284629	0.00006	3471141264.173
12.00-13.00	7	0.0075	277004.69	2066.04211	0.00006	76731600825.849
13.00-14.00	8	0.0075	297023.25	2215.350676	0.00006	88222809689.780
14.00-15.00	9	0.0063	327536.95	2074.620599	0.00004	107280450739.810
15.00-16.00	10	0.0063	580393.12	3676.212802	0.00004	336856168486.443
16.00-17.00	11	0.0063	732400.84	4639.030441	0.00004	536410984851.711
17.00-18.00	12	0.0063	749894.95	4749.838273	0.00004	562342443412.482
∑		0.0967	6338031.79	53292.67212	0.0008	4384338841596.010



Gambar 6. Grafik hubungan tundaan dengan BiBBM untuk hari Senin, 17 November 2025 jam puncak Sore

Berdasarkan hasil kajian keterkaitan antara tundaan dan biaya konsumsi bahan bakar minyak pada simpang Frontage Gedangan untuk kendaraan sepeda motor, diperoleh koefisien korelasi sebesar r = 0,3702. Nilai koefisien tersebut mengindikasikan adanya hubungan yang sangat kuat antara tundaan dan biaya konsumsi bahan bakar minyak. Oleh karena itu, setiap peningkatan maupun penurunan tundaan akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya biaya konsumsi bahan bakar minyak di suatu simpang.

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan pada BAB IV, maka dapat diambil kesimpulan sebagai beriku:

1. Kinerja simpang Gedangan menggunakan PKJI 2023 dan hasil pemodelan menggunakan Vissim 25 yaitu :
   a. Kinerja simpang Gedangan menggunakan PKJI 2023

      Berdasarkan hasil analisa PKJI 2023 kinerja simpang Gedangan pada hari Senin untuk jam puncak pagi, siang dan sore secara berturut-turut didapatkan nilai tundaan rata-rata simpang yaitu 153 detik/smp untuk pendekatan Utara, 69 detik/smp untuk pendekatan Timur, dan 43 detik/smp untuk pendekatan Barat. Berdasarkan nilai tundaan tersebut, tingkat pelayanan simpang pada pendekat utara termasuk kategori F, pendekat timur termasuk kategori F, dan pendekat barat termasuk kategori E.
   b. Kinerja simpang gedangan berdasarkan pemodelan menggunakan software PTV Vissim 25

      Berdasarkan hasil analisis pemodelan menggunakan software PTV Vissim 25, tundaan rata-rata pada masing-masing pendekat Simpang gedangan pada hari Senin adalah 135 detik/smp untuk pendekat utara, 164 detik/smp untuk pendekat timur, dan 69 detik/smp untuk pendekat Barat. Berdasarkan nilai tundaan tersebut, tingkat pelayanan simpang pada pendekat utara termasuk kategori F, pendekat timur termasuk kategori F, dan pendekat barat termasuk kategori F.

2. Biaya kerugian akibat kemacetan lalu lintas yang ditinjau dari Biaya Operasional Kendaraan (BOK) pada simpang frontage gedangan akibat tundaan yaitu sebesar Rp. 5,188,959.28 /jam. Biaya Kerugian per-hari , per-bulan, per-tahun secara berturut turut yaitu Rp 41,511,674.26 /hari, Rp 1,079,303,503.81 /bulan, Rp 13,159,200,741.03 /tahun.

3. Solusi alternatif paling optimum yaitu alternatif 3, dimana dilakukan Pengoptimalan waktu siklus, pelebaran geometric, dan fase dengan hasil sebagai berikut: Tundaan rata-rata simpang untuk jam puncak pagi, siang, dan sore yaitu 14.49 detik/smp, 14.62 detik/smp, 14.36 detik/smp dengan tingkat pelayanan B untuk masing masing jam puncak.
4. Hasil analisis hubungan tundaan dengan biaya kerugian akibat kemacetan lalu lintas pada simpang Gedangan menggunakan analisis regresi linear yaitu hipotesis H1 diterima, artinya ada pengaruh tundaan terhadap biaya konsumsi bahan bakar minyak. Berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai koefisien korelasi untuk hubungan tundaan dan BiBBM sepeda motor sebesar r = 0.9529. Nilai ini menunjukkan bahwa hubungan antara tundaan dan biaya konsumsi bahan bakar minyak sangat kuat. Dengan demikian, perubahan besar atau kecilnya tundaan akan secara signifikan memengaruhi peningkatan biaya konsumsi bahan bakar minyak pada suatu simpang.

Saran

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dan survey yang telah dilakukan, maka ada beberapa hal yang dapat disarankan:

1. Pengaturan kembali waktu siklus dan pelebaran geometrik jalan pada simpang bersinyal Gedangan agar tidak terjadi antrian yang terlalu panjang sehingga dapat mengurangi waktu tundaan dan biaya konsumsi bahan bakar pada simpang tersebut. Untuk pelebaran geometrik, disarankan mempertimbangkan solusi lain terlebih dahulu jika kondisi dilapangan tidak memungkinkan untuk dilakukan pelebaran.
2. Untuk aplikasi vissim yang dipakai disarankan menggunakan aplikasi yang berlisensi sehingga tidak ada batasan waktu dalam menjalankan simulasi simpang.
3. Menambah metode lain untuk mengevaluasi kinerja simpang bersinyal dan pengaruh tundaan terhadap biaya konsumsi bahan bakar minyak agar dapat dijadikan sebagai pembanding untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.
4. Melakukan pengukuran panjang antrian dan tundaan pada saat survei dilapangan agar dapat dijadikan sebagai pembanding antara hasil analisa menggunakan PKJI 2023 dan hasil analisa menggunakan Vissim.
5. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan bisa menggunakan formulasi atau persamaan – persamaan yang lebih bervariasi dan menggunakan faktor-faktor lain untuk memprediksi konsumsi bahan bakar pada suatu simpang sehingga penelitiannya tidak terbatas pada pengaruh tundaan saja.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, (2023). Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia. Jakarta: Departemen Perhubungan Direktur Jenderal Perhubungan Darat.

Anonim, (2015). Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015. Peraturan Menteri No 96 Tahun 2015.

Anonim, (2022). Undang Undang Repubik Indonesia No. 2 Tahun 2022. Undang Undang Republik Indonesia No 2 Tahun 2022.

Anonim (2015) Kementerian Pekerjaan Umum. Keputusan Menteri PUPR No.248 2015 tentang Fungsi Simpang. Penetapan Simpang Dalam Jaringan Jalan Primer.

Anonim, Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017.

Asset, M. A., & Sugiyanto, (2021) "Analisa Biaya Kerugian Karena Mengalami Kondisi Kemacetan Akibat Perbaikan Jalan Ditinjau Dari Waktu Tunda Perjalanan Dan Kenaikan Bahan Bakar Minyak (BBM) Kendaraan" Rang Teknik Journal, 4(1),143-163. https://doi.org/10.31869/rti. v4i1.2268 B

Ahmad, S. I. (2022). "Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Metode PKJI dan Software VISSIM 11 Pada Jalan W.RSupratman(Hal.123).TugasAkhirhttp://e %20AWAL.pdf.Malang Institut Teknologi Nasional Malang.

Kurniawan, Saiful (2018) Studi Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Panji Suroso – Jalan Sunanadar Proyo Sudarmo – Jalan Laksada Adi Sucipto Kota Malang. https://eprints.itn.ac.id/1693/.

Ariefin, B. M. E (2022). "Perhitungan Biaya Tundaan Lalu Lintas Di Jalan Wahid Hasyim 11 Kota Samarinda" (JURNAL KACAPURI JURNAL KEILMUAN TEKNIK SIPIL Volume 5 Nomor 1 Edisi Juni 2022. Keilmuan Teknik Sipil, 5, 131—139)

Cora, T. E. (2023). Analisis Biaya Kerugian Akibat Kemacetan Lalu Lintas Ruas Jalan Nasional Kota Malang (Studi Kasus: Jl. Kolonel Sugiyono–Jl Laksamana Martadinata) (Tugas Akhir Teknik Sipil S-1, ITN Malang).

Garini, A., Sriharyani, L., & Kurniawan, S. (2023). Tundaan Lalu Lintas Terhadap Tingkat Pelayanan Jalan. Jurnal Universitas Muhammadiyah Metro, 4(1), 279-283

Statistik, B. p. (2023, desember). Jumlah Penduduk Menurut Kecamatan dan Jenis Kelamin di Kota Malang (Jiwa), 2021-2023. Retrieved from malangkota.bps.go.id.