

STUDI KEMACETAN PERSIMPANGAN SEBIDANG REL KERETA API DI JALAN RAYA SARADAN

Renditia Yudisti¹⁾, Sudarso²⁾, Sebastianus Priambodo^{3*)}

^{1,2,3,4)} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sunan Giri Surabaya,

Jl. Brigjen Katamso II Waru Sidoarjo; Telp. Telp. 031-8532477.

Email: renditia.yudisti@gmail.com, sudarso98@gmail.com, *sebastianus.priambodo@gmail.com

Abstrak

Jumlah kendaraan di persimpangan Jalan Raya Saradan terus bertambah setiap tahunnya, namun tidak diimbangi dengan peningkatan kapasitas jalan. Faktor lain yang berkontribusi terhadap kemacetan di persimpangan ini termasuk pengoperasian fasilitas lalu lintas yang buruk dan kurangnya tanggung jawab berkendara dari pengguna lain. Penting untuk mengkaji ulang hal ini karena, berdasarkan evaluasi operasional (kondisi awal), bangkitan dari kendaraan berat mengakibatkan waktu tundaan (*delay*), waktu terbuang/hilang (*lost time*), panjang antrian (*queue length*), dan kendaraan terhenti (*stop rate*) yang relatif tinggi. kapasitas persimpangan saat ini. Dari hasil analisa dan perhitungan data volume kendaraan, kapasitas jalan, derajat ratio jalan, tingkat pelayanan jalan, dan pertumbuhan lalu lintas selama 20 tahun kedepan dapat disimpulkan, apabila tidak dilakukan peningkatan kapasitas jalan dapat dipastikan VCR mencapai 1,88 dengan LoS E. Dengan kondisi VCR sedemikian rupa, maka dapat dipastikan biaya kerugian akibat kemacetan akan sangat tinggi.

Kata kunci : *persimpangan sebidang, kapasitas jalan, kemacetan*

Abstract

Congestion that occurs at the intersection on the Saradan highway is caused by the increasing number of ehicles which continues to increase every year which is not balanced by increasing road capacity, the operation of traffic facilities is not optimal and the less disciplined behavior of road users. Based on the operational review (initial conditions), the generation of heavy vehicles causes relatively high delays, lost time, queue lengths and stop rates, so this is worth reviewing again. current intersection capacity. From the results of analysis and calculation of data on vehicle volume, road capacity, road ratio, road service level, and traffic growth over the next 20 years, it can be concluded that if there is no increase in road capacity, it is certain that the VCR will reach 1.88 with LoS E. Under the conditions VCR in such a way, it is certain that the cost of losses due to congestion will be very high.

Key words: *level intersection, road capacity, congestion*



Copyright © 2023 The Author(s)

This is an open access article under the [CC -NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

1. PENDAHULUAN

Jika kita tinjau bahwa sistem transportasi nasional maupun regional sangat memiliki peran yang sangat penting antara sebagai pendorong bagi pertumbuhan ekonomi maupun pengembangan wilayah baik regional maupun nasional. Namun sering didapati kurang optimalnya kondisi jalan Nasional yang melintasi persimpangan sebidang rel kereta api. Merujuk pada Peraturan Menteri Perhubungan No. 36 Tahun 2011 tentang “Perpotongan dan/atau Persinggungan antara jalur kereta Api dengan Bangunan Lain” dijelaskan bahwa persimpangan jalan dengan jaringan kereta api harus berupa bangunan tak sebidang. Rencana pembangunan simpang tak sebidang sebagai

tindak lanjut dari Peraturan Menteri Perhubungan No. 36 Tahun 2011. Pada persimpangan sebidang, permasalahan yang biasanya timbul yaitu kecelakaan dan kemacetan. Beberapa faktor penyebab terjadinya kecelakaan pada perlintasan diantaranya adalah kerusakan jalan pada perlintasan, infrastruktur yang tidak tersedia lengkap, geometrik pada jalur kereta api dan geonetri jalan raya yang tidak sesuai, dan karena adanya kelalaian manusia. Seringnya kendaraan yang mengalami tundaan pada saat kereta api melewati perlintasan menjadi faktor penyebab kemacetan. Hal inilah yang dapat menimbulkan kemacetan di ruas jalan raya Saradan Kabupaten Madiun karena kendaraan yang mengalami tundaan akibat penutupan

perlintasan rel Kereta Api akan berdampak pada jaringan jalan. Untuk maksud tersebut, maka kegiatan kebijakan serta strategi untuk pengembangan pada jaringan jalan dan jembatan perlu melaksanakan studi kelayakan penanganan kemacetan persimpangan sebidang rel kereta api di ruas jalan nasional link 034 kota Caruban - Nganjuk. Studi kelayakan yang akan dilakukan sangat penting untuk mengevaluasi kinerja jalan, kebutuhan investasi, dan menilai pentingnya pembangunan jalan di wilayah tersebut. Kajian lalu lintas ini akan memberikan alternatif pilihan. Alternatif dan skenario akan memiliki konsekuensi, yang kemudian dapat untuk diperhitungkan, serta dapat dipilih pemecahan masalah yang tepat untuk sebuah kegiatan, termasuk di dalamnya proyek jalan dengan berdasarkan pada kondisi serta permasalahan – permasalahan yang telah diidentifikasi. Rekomendasi bersifat spesifik dapat diperoleh dari hasil penelitian ini. Serta mampu memberikan solusi terbaik untuk menyelesaikan permasalahan, perlu atau tidaknya proyek tersebut dikaji dan dilanjutkan pada tahap selanjutnya, serta menilai sejauh mana kelayakan proyek untuk dapat dilaksanakan baik dari segi ekonomi maupun finansial, aspek teknis, dan aspek lingkungan.

2. METODE

Lokasi penelitian berada di persimpangan sebidang ruas jalan Bts. Kota Caruban – Bts. Kabupaten Nganjuk Kecamatan Saradan. Perlintasan tersebut membentang memotong jaringan jalan nasional (arteri primer), yaitu Ruas Jalan Bts. Kota Caruban – Bts. Kabupaten Nganjuk (ruas no 034). Penggunaan lahan disekitar persimpangan sebidang merupakan kawasan permukiman serta kawasan pertanian dan waduk, yang dapat terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar1. Persimpangan Sebidang
Ruas Jalan Raya Saradan

Persimpangan sebidang rel kereta api di jalan raya Saradan terletak di Kecamatan Saradan, Kabupaten Madiun. Luas Kecamatan Saradan secara keseluruhan adalah sekitar 152,92 km² atau sebesar 15,13 persen dari luar Kabupaten Madiun. Jumlah penduduk Kecamatan Saradan tahun 2018 adalah 62,805 jiwa. Di tahun 2017 65% dari luas lahan Kecamatan Saradan merupakan kawasan terbangun. Berdasarkan dari data DAOP 8 terdapat 58 kereta api, dimana 8 kereta berupa kereta api bahan bakar mesin (BBM) dan kereta api jenis barang, sedangkan 50 lainnya kereta api penumpang.

Metode penelitian

Pengolahan data dan analisis yang akan dilakukan dengan menggunakan data yang telah dikumpulkan. Selanjutnya, permasalahan akan dikategorikan menurut sifatnya, sehingga memungkinkan dilakukannya penyelidikan pendekatan yang paling efisien untuk memperoleh solusi yang paling tepat. Adapun desain dari penelitian sebagai berikut :

a) Metode Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif dengan mencari dan mengumpulkan informasi yang berkaitan tentang topik penelitian sebanyak mungkin untuk mempermudah pekerjaan analisis selanjutnya

b) Metode Analisis Kinerja Simpang untuk mendapatkan kinerja simpang digunakan derajat kejenuhan, antrian dan tundaan. Sebelum mendapatkan kinerja simpang, harus ditentukan dahulu jenis pengendali simpangnya dan setelah itu dapat dihitung kapasitas dari simpang, serta volume simpang yang didapatkan dari survei Gerakan membelok. Untuk kapasitas simpang bersinyal, rumus dasar untuk menghitung kapasitas menggunakan nilai arus jenuh, waktu siklus dan waktu hijau. Sedangkan rumus dasar untuk menghitung kapasitas pada simpang tidak bersinyal menggunakan lebar pada pendekat masuk, lebar pada median, tata guna lahan, ukuran kota, dan persentase kendaraan belok. Nilai tundaan pada simpang diperoleh dari penjumlahan tundaan lalu lintas dan tundaan geometri simpang, dinyatakan dalam detik per satuan mobil penumpang. Antrian pada simpang bersinyal didapatkan dari panjang antrian kendaraan pada saat waktu siklus

merah, dinyatakan dalam meter. Sedangkan antrian untuk simpang tidak bersinyal dinamakan peluang antrian dan dinyatakan dalam persen.

c) Metode pada Analisis Kinerja Ruas Jalan Untuk menentukan kinerja pada ruas jalan, dapat digunakan parameter yaitu VC rasio, kecepatan dan kepadatan. VC rasio diperoleh dari perbandingan volume lalu lintas tertinggi yang didapatkan dari survey pencacahan lalu lintas dengan kapasitas pada ruas jalan. Perhitungan kapasitas ruas jalan menggunakan data inventarisasi ruas, seperti lebar jalan, lebar bahu, tata guna lahan, ukuran kota, tipe jalan, dan pembagian arus. Kecepatan didapatkan dari survei MCO (*Moving Car Observer*) dan biasanya dinyatakan dalam kilometer per jam. Selanjutnya nilai kepadatan diperoleh dari perbandingan nilai volume lalu lintas dengan kecepatan.

d) Metode Analisis Kinerja Perlintasan Sebidang dapat diperoleh dari perhitungan volume lalu lintas harian (LHR) dan frekuensi kereta api yang melintas pada perlintasan sebidang selama pengamatan.

Pada penelitian ini digunakan *probability sampling* dimana teknik ini merupakan teknik pengambilan sampel dengan melakukan pengambilan sampelnya secara random atau acak. Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini sebagai sifat/ciri konsep pengertian tertentu. Adapun beberapa variabel yang akan diteliti sebagai berikut : 1) Panjang Antrian, 2) Volume Lalu Lintas, 3) Jadwal Kereta Api, 4) Jam Puncak

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang didapat merupakan data himpunan lalu lintas selama satu minggu. Dari grafik jumlah lalu lintas selama 24 jam, terlihat bahwa peningkatan jumlah kendaraan terjadi di waktu pagi dan siang hari. Dari data tabel LHR di bawah didapati rata – rata jumlah kendaraan perjam mencapai 7.799 kend/jam.

Tabel 1. 2 LHR Ruas Jalan
Bts. Kota Caruban - Bts. Kab. Nganjuk

Arah	Golongan					
	1	2	3	4	5a	5b
	Sepeda Motor	Kendaraan Pribadi	MPU/Angkot, Mini Bus	Pickup dan Mobil Hantaran	Bus Kecil	Bus Besar
Caruban - Nganjuk	49.255	14.566	1.204	5.240	281	1.522
Nganjuk - Caruban	48.166	14.199	1.080	4.694	283	1.549

*Sumber data dari BBPJJN Jawa Timur - Bali

Arah	Golongan						Total
	6a1	6a2	7a	7b	7c	8	
	Truk 2 Sumbu, Cargo	Truk 2 sumbu ringan	Truk 3 Sumbu, Muatan	Truk 2 Sumbu, Trailer	Truk 4 Sumbu, Trailer	Kendaraan Tak Bermotor	
Caruban - Nganjuk	8.047	9.248	3.476	769	1.187	326	95.121
Nganjuk - Caruban	8.042	9.109	2.935	674	1.101	218	92.050

Dalam keadaan tertentu, kapasitas arus maksimum yang melalui satu lokasi di jalan dapat dipertahankan per jamnya.. Khusus untuk jalan raya dengan dua lajur dua arah, dapat dihitung kapasitasnya untuk lalu lintas dua arah; namun, untuk jalan banyak lajur, kapasitas dihitung per lajur dan arus dibagi ke dalam arah yang berbeda.. Pada penelitian ini kondisi jalan antar kota dengan 4 lajur dan 2 lajur. Adapun persamaan yang dipakai untuk menghitung volume adalah sebagai berikut : Kapasitas dihitung dengan rumus:

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf}$$

Dimana analisa kapasitas jalan raya Saradan sebagai berikut :

- C_0 = kapasitas dasar tipe jalan luar kota 2/2 UD dan tipe aliyemen datar yaitu 3100 smp/jam
- FC_w = faktor penyesuaian lebar jalan tipe 2/2 UD untuk total 2 arah dan tipe aliyemen datar dengan total lebar jalur 11 meter adalah 1,34.
- FC_{sp} = faktor penyesuaian pemisah arah diambil 1, untuk jalan 2 lajur 2 arah tak-terbagi (2/2 UD)
- FC_{sf} = faktor penyesuaian hambatan samping menggunakan lebar bahu jalan +- 2 meter, maka digunakan $FC_{sf} = 1,01$

Maka kapasitas jalan:

$$(C) = 3100 \times 1,34 \times 1 \times 1,01 = 4.196 \text{ skr/jam}$$

Rasio aliran kapasitas, yang merupakan penentu utama tingkat kinerja suatu ruas jalan, dikenal sebagai derajat kejenuhan (DS).. Kita dapat menentukan apakah suatu ruas jalan mempunyai masalah kapasitas atau tidak berdasarkan nilai yang dihasilkan oleh derajat kejenuhan

$$DS \text{ jalan raya Saradan} = Q/C \text{ DS}$$

$$= 1.349 / 4.196 = 0,32$$

Mengacu pada MKJI 1997 maka derajat kejenuhan pada ruas jalan raya Saradan yang bernilai 0,32 termasuk dalam kategori A, kondisi arus bebas dengan kecepatan tinggi. Dengan menggunakan rumus yang serupa didapatkan data DS dapat dilihat :

Tabel 2. Data Derajat Kejenuhan per jam

JAM	DERAJAT KEJENUHAN (DS)	TINGKAT PELAYANAN (LoS)	JAM	DERAJAT KEJENUHAN (DS)	TINGKAT PELAYANAN (LoS)
00.00 - 01.00	0,07	A	12.00 - 13.00	0,17	A
01.00 - 02.00	0,05	A	13.00 - 14.00	0,18	A
02.00 - 03.00	0,05	A	14.00 - 15.00	0,24	B
03.00 - 04.00	0,05	A	15.00 - 16.00	0,28	B
04.00 - 05.00	0,06	A	16.00 - 17.00	0,28	B
05.00 - 06.00	0,09	A	17.00 - 18.00	0,27	B
06.00 - 07.00	0,11	A	18.00 - 19.00	0,20	A
07.00 - 08.00	0,14	A	19.00 - 20.00	0,23	B
08.00 - 09.00	0,14	A	20.00 - 21.00	0,21	B
09.00 - 10.00	0,18	A	21.00 - 22.00	0,18	A
10.00 - 11.00	0,17	A	22.00 - 23.00	0,11	A
11.00 - 12.00	0,17	A	23.00 - 24.00	0,13	A

Peluang zantrian (PA) dapat dinyatakan dalam rentang kemungkinan (%) dan dapat pula ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

Peluang antrian batas bawah :

$$QP\% = 9,02 * DS + 20,66 * DS^2 + 10,49 * DS^3$$

$$QP\% = 2,89 + 2,12 + 0,34$$

$$QP\% = 5,35\%$$

Peluang antrian batas atas :

$$QP\% = 47,71 * DS - 24,68 * DS^2 + 56,47 * DS^3$$

$$QP\% = 15,27 + 2,52 + 1,85$$

$$QP\% = 19,64\%$$

Adapun perhitungan tundaan kendaraan di persimpangan sebagai berikut:
Tundaan Lalu Lintas Simpang (DTi)
 $DTi = 2 + 8,2078 * DS - (1 - DS) * 2$,
untuk $DS \leq 0,6$
 $DTi = 1,0504 / ((0,2742 - 0,2742 * DS)) - ((1 - DS) * 2)$,
untuk $DS > 0,6$
Diketahui $DS = 0,32$

Maka :

$$DTi = 2 + 8,2078 * DS - (1 - DS) * 2$$

$$DTi = 3.2665 \text{ (dt/smp)}$$

Biaya/uang yang biasanya dikeluarkan setiap individu untuk menghemat satuan waktu perjalanan dikenal sebagai nilai waktu.. Dengan menggunakan metode *Income*

Approach faktor Produk Domestik Regional Bruto (PDRB), jumlah penduduk, termasuk jam kerja tahunan, secara langsung dapat menghitung nilai waktu perjalanan.

Jam kerjs tahunan ditetapkan dalam Undang-undang No.13 tahun 2003 pasal 17 tentang “Ketentuan jam kerja yaitu delapan jam kerja dalam satu hari atau sepadan dengan empatpuluh jam kerja dalam satu minggu untuk lima hari kerja dalam satu minggu”.

Berikut ini adalah analisis biaya nilai waktu metode *income approach* :

Jumlah PDRB Kab. Madiun
= Rp. 19.760.000.000.000,-
Jumlah Penduduk Kab. Madiun
= 750.140

Jam Kerja Tahunan = 2.112 jam
Diperoleh nilai waktu dasar:
 $\lambda = (\text{PDRB}/\text{Jumlah Penduduk})/\text{waktu jam kerja}$
 $\lambda = (19.760.000.000.000/750.140)/2.112$
 $\lambda = \text{Rp. } 12.472 \text{ /orang/jam}$

Nilai waktu dasar dan tingkat okupansi kendaraan dapat dijadikan dasar perhitungan nilai waktu perjalanan. Selanjutnya didapatkan nilai waktu perjalanan sebagai berikut:

$$= \text{Rp. } 12.472 \times 2 = \text{Rp. } 24.944/\text{kend/jam}$$

Hasil perhitungan metode regresi linier didapat angka pertumbuhan (i) sebesar 9,24%. Dengan menggunakan rumus umum perkiraan pertumbuhan lalu lintas $LHRT = LHRo(1+i)^n$ dapat diketahui pertumbuhan lalu lintas dalam waktu 20 tahun kedepan pada tabel berikut:

Tabel 3. Angka Pertumbuhan Lalu Lintas 20 Tahun Kemudian

No	Ruas	Volume Lalu Lintas Saat ini (Smp/ Jam)	Volume Lalu Lintas (Smp/ Jam) 5 Tahun	Volume Lalu Lintas (Smp/ Jam) 10 Tahun	Volume Lalu Lintas (Smp/ Jam) 15 Tahun	Volume Lalu Lintas (Smp/ Jam) 20 Tahun
1	Jl. Raya Saradan	1349	2099	3265	5079	7900

Kemudian setelah didapati angka perkiraan pertumbuhan lalu lintas dalam 20 tahun kedepan, maka derajat kejenuhan (DS) dan tingkat layanan jalan (LoS) dapat di ketahui pada tabel berikut:

Tabel 4. Proyeksi DS dan LoS 5 Tahun 2024

No.	Nama Jalan	Hirarki	Q	C	Tahun 2024	
					DS	LoS
1	Jl. Raya Saradan	Arteri Primer	2099	4196	0,50	B

Tabel 5. Proyeksi DS dan LoS Tahun 2029

No.	Nama Jalan	Hirarki	Q	C	Tahun 2029	
					DS	LoS
1	Jl. Raya Saradan	Arteri Primer	3265	4196	0,78	C

Tabel 6. Proyeksi DS dan LoS tahun 2034

No.	Nama Jalan	Hirarki	Q	C	Tahun 2034	
					DS	LoS
1	Jl. Raya Saradan	Arteri Primer	5079	4196	1,21	C

Tabel 7. Proyeksi DS dan LoS tahun 2039

No.	Nama Jalan	Hirarki	Q	C	Tahun 2039	
					DS	LoS
1	Jl. Raya Saradan	Arteri Primer	7900	4196	1,88	E

Dari tabel diatas dapat diketahui dalam kurun waktu 20 tahun kedepan terjadi pertumbuhan lalu lintas yang cukup signifikan, pertumbuhan lalu lintas ini tentunya juga diikuti dengan pertumbuhan derajat kejenuhan dimana dalam 20 tahun kedepan dengan tidak melakukan apa-apa (*do nothing*) bisa dipastikan tingkat pelayanan jalan akan menjadi E.

Untuk kinerja perlintasan sebidang dapat menggunakan persamaan berikut:

$$SMPK = LHR * \text{Frekuensi Kereta Api}$$

Jalan yang dilewati perlintasan sebidang adalah jalan raya Saradan Kabupaten Madiun untuk perlintasan sebidang simpang. Berikut merupakan perhitungan kinerja perlintasan sebidang:

Diketahui data LHR didapai dari tabel 4.4 yaitu 1.114 smp/jam

Frekuensi Kereta api 50

Maka, $SMPK = 1.114 * 50 = 55.700$ smpk.

Dari hasil analisa, berikut adalah perhitungan biaya operasional:

a) Biaya Bahan Bakar

Untuk menghitung biaya konsumsi bahan bakar minyak dapat menggunakan rumus :

$$BiBB = KBBMi \times HBBMj$$

Dimana :

BiBB = Biaya konsumsi bahan bakar minyak utk jenis kendaraan i (Rp/km)

KBBMi =Konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan i (liter/km)

HBBMj = Harga bahan bakar untuk jenis BBMj (Rp/liter)

i = Jenis kendaraan sedan, utility, bus kecil, bus besar atau truk

j = Jenis bahan bakar minyak solar ataupun premium

Tabel 8. Nilai Konstanta Data Koefisien-Koefisien Parameter Model Konsumsi BBM (RSNI Pedoman Perhitungan BOK, 2006)

Jenis Kendaraan	α	1/VR		VR 2		RR		FR		FR2		DTR		AR		SA		BK		BK x AR		BK x SA		
		β1	β2	β3	β4	β5	β6	β7	β8	β9	β10	β11	β12	β13	β14	β15	β16	β17	β18	β19	β20	β21	β22	
Sedan	23,78	1181,2	0,0037	1,265	0,634	0	0	0,638	36,21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Utiliti	29,61	1256,8	0,0059	1,785	1,197	0	0	132,2	42,84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus Kecil	94,35	1058,9	0,0094	1,607	1,488	0	0	166,1	49,58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus Besar	129,6	191,2	0,0092	7,231	2,79	0	0	266,4	13,86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sebagaimana rumus biaya konsumsi bahan bakar di atas, maka dapat diketahui konsumsi BBM per 1 km untuk tiap jenis kendaraan yaitu:

Tabel 9. Biaya Bahan Bakar Per 1 Km

NO	Jenis Kendaraan	KBBMi	BiBBmj (Rp.)
1	Sedan	61,148	611,48
2	Utiliti	72,507	725,07
3	Bus Kecil	136,578	928,73
4	Bus Besar	148,123	1.007,24

Hasil perhitungan konsumsi pemakaian bahan bakar sebagaimana termuat di dalam tabel diatas dapat diketahui konsumsi pada bahan bakar minyak untuk masing-masing jenis kendaran berikisar antara Rp. 611.48/km sampai dengan Rp. 1.007,24/km.

b) Biaya Oli Mesin

Untuk menghitung biaya konsumsi oli dapat menggunakan rumus umum :

$$BOi = KOi \times Hoi$$

Dimana:

BOi = Biaya konsumsi oli untuk jenis kendaraan i (Rp/km)

HOj = Konsumsi oli untuk jenis oli j (liter/km)

i = Jenis kendaraan

j = Jenis oli

Jenis oli yang digunakan dalam perhitungan ini adalah Oli Mobil MOTUL TRD SPORT ENGINE OIL 5W40 DIESEL 1L dengan harga per liter Rp. 78.500.

Rumus berikut dapat digunakan untuk menentukan konsumsi oli kendaraan jenis apa pun: sebagai berikut:

$$KOi = OHKi + OHOi \times KBBMi$$

Dimana :

OHKI = Oli hilang akibat kontaminasi (liter/km)z

OHOi = Oli hilang akibat operasi (liter/km)
KBBMi = Konsumsi bahan bakar (liter/km)
Untuk menghitung kehilangan oli akibat kontaminasi dihitung sebagai berikut:

$$OHKi = KAPOi / JPOi$$

Dimana:

KAPOi = Kapasitas oli (liter)

JPOi = Jarak penggantian oli (km)

Tabel 10. Nilai tipikal POi, KPOi, dan OHOi yang direkomendasikan (RSNI Pedoman Perhitungan BOK, 2006)

Jenis Kendaraan	JPO-I (Km)	KPOi (Liter)	OHOi
Sedan	2000	3,5	$2,1 \times 10^{-6}$
Utility	2000	3,5	$2,1 \times 10^{-6}$
Bus Kecil	2000	6	$2,1 \times 10^{-6}$
Bus Besar	2000	12	$2,1 \times 10^{-6}$

Dengan menggunakan rumus biaya untuk konsumsi oli sebagaimana diatas, maka dapat diketahui biaya konsumsi oli untuk masing-masing jenis kendaraan sebagai berikut:

Tabel 11. Biaya Konsumsi Oli

N O	Jenis Kendaraan	OHKi	KOi	BOi
		KPOi / JPOi (Rp./Km)	OHKi + OHOi x KBMMi (Liter/Km)	Koi x Hoj (Rp./Km)
1	Sedan	0,00175	0,17	13,577.70
2	Utiliti	0,00175	0,20	16,074.33
3	Bus Kecil	0,003	0,39	30,255.33
4	Bus Besar	0,006	0,42	33,028.45

Hasil perhitungan konsumsi oli sebagaimana termuat di dalam tabel diatas dapat diketahui konsumsi oli untuk masing jenis kendaran berkisar antara Rp. 15.577,70/km sampai dengan Rp. 72.012,26/km.

c) Biaya Ban

Terkait kerataan permukaan jalan, dapat diukur dalam satuan pengukuran per kilometer (IRI) biaya konsumsi pada ban. Selanjutnya diperlukan perhitungan nilai tanjakan dan turunan dengan menggunakan rumus :

$$TT = FR + RR$$

Dimana:z

TT = Nilai tanjakan & nilai turunan rata-rata

FR = Nilai tanjakan rata-rata

RR = Nilai turunan rata-rata

Jika pengukuran pada tanjakan dan turunan belum tersedia, nilai tipikal tabel berikut dapat digunakan:

Tabel 12. Nilai tipikal tanjakan dan turunan pada medan jalan (RSNI Pedoman Perhitungan BOK, 2006)

Kondisi Medan	TT (%)
Datar	5
Bukit	25
Pegunungan	45

Kemudian untuk menghitung biaya konsumsi ban dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$BBi = KBi \times HBj / 1000$$

Dimana:

BBi = Biaya konsumsi ban untuk jenis kendaraan i (Rp/km)

HBj = Harga ban untuk jenis kendaraan j (EEB/1000 km)

i = Jenis kendaraan

j = Jenis ban

Untuk menghitung konsumsi ban dari masing-masing kendaraan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$KBi = \chi + \delta 1 \times IRI + \delta 2 \times TT \text{ rata-rata} + \delta 3 \times DT \text{ rata-rata}$$

Dimana:

χ = konstanta

$\delta 1 \dots \delta 3$ = koefisien parameter

TT rata-rata = tanjakan turunan rata-rata

DT rata-rata = derajat tinkleungan rata-rata

Tabel 13. Nilai tipikal χ , $\delta 1$, $\delta 2$ dan $\delta 3$ (RSNI Pedoman Perhitungan BOK,2006)

Jenis Kendaraan	χ	IRI	TT _R	DT _R
		$\delta 1$	$\delta 2$	$\delta 3$
Sedan	0,01471	0,01489	-	-
Utiliti	0,01905	0,01489	-	-
Bus Kecil	0,02400	0,02500	0,003500	0,000670
Bus Besar	0,10153	-	0,000963	0,000244

Dengan menggunakan rumus perhitungan biaya konsumsi ban sebagaimana diatas, maka dapat diketahui konsumsi ban per km untuk masing-masing jenis kendaraan sebagai berikut:

Tabel 14. Biaya Konsumsi Ban per Km

NO	Jenis Kendaraan	Kbi	Bbi
		$\gamma + \delta_1 \times \text{IRI} + \delta_2 \times \text{TT} + \delta_3 \times \text{DT}$	$\text{KBI} \times \text{HBj}/1000$
1	Sedan	0,0526795	31,081
2	Utiliti	0,0570195	33,642
3	Bus Kecil	0,097975	134,716
4	Bus Besar	0,10523815	144,702

Dari hasil perhitungan konsumsi ban sebagaimana termuat di dalam tabel diatas dapat diketahui konsumsi ban untuk masingmasing jenis kendaran berkisar antara Rp. 31,081/km sampai dengan Rp. 144,702/km.

d) Biaya Konsumsi Suku Cadang

- Kerataan Permukaan Jalan (IRI)
Alat pengukur kerataan permukaan jalan dengan satuan meter per kilometer [IRI] dapat digunakan untuk memperoleh data kerataan permukaan jalan raya.
- Harga Kendaraan Baru
Survei langsung dapat menghasilkan informasi mengenai data harga kendaraan. Dimana harga sebuah kendaraan baru dengan jenis tertentu dikurangi nilai ban yang akan digunakan kendaraan tersebut. Harga rata-rata suatu jenis kendaraan tertentu dapat digunakan untuk menghitung biaya kendaraan. Survey mengenai harga dapat dilakukan secara langsung di pasar atau secara internasional, misalnya melalui survey asosiasi pengusaha kendaraan bermotor .

Tabel 15. Harga Rata – Rata Kendaraan Baru

NO	Jenis Kendaraan	HKBi
1	Sedan	300,000,000.00
2	Utiliti	170,000,000.00
3	Bus Kecil	800,000,000.00
4	Bus Besar	2,000,000,000.00

- Biaya Konsumsi untuk Suku Cadang
 $B_{pi} = P_i \times \text{HKBi}/1000000$
Nilai Relatif Biaya Suku Cadang Terhadap Harga Kendaraan Baru (p)

Rumus berikut dapat digunakan untuk menentukan berapa biaya relatif suku cadang sehubungan dengan harga sebuah kendaraan baru atau berapa banyak jenis kendaraan yang digunakan dalam kaitannya dengan suku cadang yaitu:

$$P_i = (\Phi + \gamma_1 \times \text{IRI}) (\text{KJTi}/100000)\gamma^2$$

Tabel 16. Nilai tipikal Φ , γ_1 dan γ_2 (RSNI Pedoman Perhitungan BOK, 2006)

Jenis Kendaraan	Koefisien Parameter		
	Φ	γ_1	γ_2
Sedan	-0,69	0,42	0,1
Utiliti	-0,69	0,42	0,1
Bus Kecil	-0,73	0,43	0,1
Bus Besar	-0,15	0,13	0,1

Dengan menggunakan rumus perhitungan biaya konsumsi suku cadang sebagaimana diatas dapat diketahui biaya konsumsi pada suku cadang untuk berbagai jenis kendaraan sebagai berikut:

Tabel 17. Hasil Perhitungan Biaya Suku Cadang

NO	Jenis Kendaraan	Pi	BPi
		$P_i = (\Phi + \gamma_1 \times \text{IRI}) (\text{KJTi}/100000)\gamma^2$	$B_{Pi} = P_i \times \text{HKBi}/1000000$
1	Sedan	0.125300022	37.59
2	Utiliti	0.125300022	21.30
3	Bus Kecil	0.120531386	96.43
4	Bus Besar	0.059690168	119.38

Dari tabel diatas dapat diketahui untuk biaya suku cadang dari masing – masing kendaraan.

e) Biaya Tenaga Pemeliharaan

Biaya upah perbaikan kendaraan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$B_{ui} = J_{Pi} \times \text{UTP}/1000$$

Dimana:

- B_{ui} = Biaya upah perbaikankendaraan (Rp/km)
- J_{Pi} = Jumlah jam pemeliharaan (jam/1000km)
- UTP = Upah tenaga pemeliharaan (Rp/jam)

Tabel 18. Nilai Tipikal α_0 dan α_1 (Pedoman Perhitungan BOK, 2006)

No	Jenis Kendaraan	α_0	α_1
1	Sedan	77,14	0,547
2	Utiliti	77,14	0,547
3	Bus Kecil	242,03	0,519
4	Bus Besar	293,44	0,517

Dengan menggunakan rumus perhitungan biaya tenaga pemeliharaan sebagaimana diatas dapat diketahui biaya tenaga pemeliharaan untuk berbagai jenis kendaraan sebagai berikut:

Tabel 19. Biaya Tenaga Pemeliharaan

No	Jenis Kendaraan	JPI	BUI
			JPI x UTP/1000
1	Sedan	24.77	460.68
2	Utiliti	24.77	460.68
3	Bus Kecil	80.72	1501.40
4	Bus Besar	68.34	1271.15

Dari tabel diatas dapat diketahui untuk biaya Tenaga Pemeliharaan dari masing – masing kendaraan.

f) Biaya Tidak Tetap

$$BTT = BiBBMj + Boi + Bpi + Bui + Bbi$$

Tabel 20. biaya tenaga pemeliharaan

No	Jenis Kendaraan	BTT
		BiBBMj + BOi + BPI + BUI + BBI (Km/Jam)
1	Sedan	14,107.66
2	Utiliti	16,590.67
3	Bus Kecil	31,988.80
4	Bus Besar	34,564.69

Dari tabel diatas dapat diketahui untuk biaya operasi kendaraan dari masing – masing kendaraan.

Analisis terhadap biaya kerugian dapat dilihat berdasarkan padaa biaya konsumsi bahan bakar maupun pada biaya nilai waktu setiap jenis kendaraan. Perhitungan dapat menggunakan rumus:

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

Keterangan:

C = Biaya kemacetan (rupiah)

G = Biaya operasional kendaraan

N = Jumlah kendaraan

B = Kecepatan kendaraan ideal (km/jam)

A = Kecepatan kendaraan eksisting (km/jam)

T = Lama waktu antrian (jam)

V' = Nilai waktu perjalanan kendaraan

Tabel 21. Biaya Kerugian Akibat Kemacetan

NO	Jenis Kendaraan	C
		$C = N \times [G \times A + (1 - (A/B)) \times V'] \times T$
1	Sedan	Rp. 639.981,86
2	Utiliti	Rp. 750.506,83
3	Bus Kecil	Rp. 1.435.916,01
4	Bus Besar	Rp. 1.550.575,30

Dari tabel di atas dapat diketahui untuk biaya kerugian akibat kemacetan dari masing– masing kendaraan.

4. SIMPULAN

Dari hasil analisa dan perhitungan data volume kendaraan, kapasitas jalan, derajat ratio jalan, tingkat pelayanan jalan, dan pertumbuhan lalu lintas selama 20 tahun kedepan dapat disimpulkan, apabila tidak dilakukan peningkatan kapasitas jalan dapat dipastikan VCR mencapai 1,88 dengan LoS E. Dengan kondisi VCR sedemikian rupa, maka dapat dipastikan biaya kerugian akibat kemacetan akan sangat tinggi, dimana untuk kendaraan sedan sebesar Rp. 639.981,86.-, kendaraan utiliti sebesar Rp. 750.506,83.-, kendaraan bus kecil sebesar Rp. 1.435.916,01.-, kendaraan bus besar sebesar Rp. 1.550.575,30.-

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami tujukan kepada LPPM Universitas Sunan Giri Surabaya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aliamin S.A., (2022), Pengaruh Waktu Siklus Terhadap Produktivitas Alat Berat pada Pekerjaan Perkerasan Jalan Rigid Pavement Gudang Bulog Bunga Raya <https://repository.uir.ac.id/15646/1/173110286.pdf>
- F. Umar, (2018), Studi Pengaruh Perlintasan Sebidang Jalan Dengan Rel Kereta Api Terhadap Karakteristik Lalulintas (Studi Kasus: Perlintasan Kereta Api Jalan Bung Tomo Surabaya), <http://repository.untag-sby.ac.id/737/10/JURNAL.pdf>
- H. Raditya E.W., Herianto D., S.Amril M., (2021), Analisis Solusi Kemacetan pada Simpang Sebidang Kereta Api Jalan Urip Sumoharjo, <http://repository.lppm.unila.ac.id/36662/1/1913-4517-1-PB.pdf>
- Indriyani L., Darmadi, (2021), Analisis Kinerja Simpang dan Biaya Kemacetan (Studi Kasus : Simpang Tugu Pancoran), <https://jurnalfstspjayabaya.ac.id/index.php/jsa/article/download/64/51>

- Mustika G.D.K., Fransiska G.N.J., Ruktiningsih R., (2020), Evaluasi Perlintasan Sebidang Jalan Rel Dengan Jalan Raya Di Kota Semarang (Studi Kasus Perlintasan Sebidang Di Jalan Sadewa, Jembawan Raya Dan Stasiun Jragung), <https://journal.unika.ac.id/index.php/gsmart/article/download/1876/1639>
- Mhd. Islah, (2017), Studi Kelayakan Teknis dan Ekonomi Simpang Tak sebidang Kota Pekanbaru (Studi Kasus : Persimpangan Jl. Soekarno Hatta – Jl. Riau), <https://repository.unilak.ac.id/536/1/368-Article%20Text-802-1-10-20180221.pdf>
- R. Aniswan, (2018), Studi Kelayakan Simpang Empat Jalan Merdeka Jalan Darussalam Jalan Panglath Kota Lhokseumawe, <http://repository.umsu.ac.id/bitstream/handle/123456789/8598/SKRIPSI%20RIZKY%20ANISWAN.pdf?sequence=1>
- Rafsanjani. M., Masinambow V.A.J. Rotinsulu T.O., (2018), Dampak Sosial Ekonomi Pengguna Jalan Akibat Kemacetan Lalu Lintas di Zero Point Kota Manado, <https://ejournal.unsrat.ac.id/v2/index.php/jpekd/article/download/32721/30924>
- Y. Aswad, (2015), Studi Kelayakan Perlintasan Sebidang antara Jalan Kereta Api dengan Jalan Raya, <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/mkts/article/view/8430>