

## BIAYA KEMACETAN RUAS JALAN KOTA KUPANG DITINJAU DARI SEGI BIAYA OPERASIONAL KENDARAAN

Margareth E. Bolla<sup>1</sup> ([margiebolla@staff.undana.ac.id](mailto:margiebolla@staff.undana.ac.id))

Ricky A. Yappy<sup>2</sup> ([solo.riki94@gmail.com](mailto:solo.riki94@gmail.com))

Tri M. W. Sir<sup>3</sup> ([trimwsir@yahoo.com](mailto:trimwsir@yahoo.com))

### ABSTRAK

Kemacetan merupakan salah satu masalah yang masih belum terselesaikan pada kota-kota besar di dunia, termasuk di Indonesia. Di kota Kupang, khususnya di ruas jalan Jenderal Sudirman sering mengalami kemacetan terutama pada jam-jam sibuk pagi dan sore hari. Penelitian ini mengambil kasus pada 2 titik representatif pada Sta. 00+750 dan Sta. 01+418 dan dilakukan perhitungan BOK per jam puncak lalu diambil rerata per titiknya dengan mengacu pada metode Manual BOK 1995 dan metode LAPI ITB-PT. Jasa Marga. Selanjutnya, dengan memilih BOK terbesar dari kedua metode, maka dapat dihitung biaya kemacetan per jam puncak per kendaraan dengan menggunakan persamaan Tzedakis (1980). Berdasarkan hasil analisis, diperoleh besarnya BOK per jamnya yaitu sebesar Rp. 8,938,- untuk jenis kendaraan sepeda motor (MC), Rp. 204,320,- untuk jenis kendaraan mobil (LV) dan Rp. 565,661,- untuk jenis kendaraan berat (HV), dimana kondisi kinerja pelayanan buruk terjadi pada pukul 06.30-07.30 Wita, 09.00-10.00 Wita, 12.00-13.00 Wita dan 16.00-19.00 Wita. Selain itu, besarnya biaya kemacetan akibat tundaan total yaitu sebesar Rp. 723,241/kendaraan/jam macet atau berdasarkan 1 hari terdiri dari 5 jam macet.

**Kata Kunci : Biaya Operasional Kendaraan (BOK); Metode Manual BOK 1995; Metode LAPI ITB-PT. Jasa Marga**

### ABSTRACT

*Congestion is one of unresolved problem in the major cities in the world, including in Indonesia. In Kupang City, including at Jend. Sudirman street, congestion happen at peak hours in the morning and afternoon. This study takes the case on two representative points at Sta. 00+750 and Sta. 01+418 and analysis for Vehicle Operating Costs (VOC) have done by per peak hour and then taken the average per point. Calculation of VOC refers to the similarities in Manual BOK 1995 method and LAPI ITB-PT. Jasa Marga method. Furthermore, by selecting the VOC, the largest from the two methods, are used to determine the amount of congestion cost per peak hour per vehicle by using the equation Tzedakis (1980). Based on the analysis, the result of VOC of Jend. Sudirman road is Rp. 8,938,-/hour for motorcycles (MC), Rp. 204,320,- /hour for vehicle car (LV) and Rp. 565,661,- /hour for heavy vehicles (HV), where bad Level of Service (LOS) happen at 6:30 to 7:30 pm, 09:00 to 10:00 am, 12:00 to 13:00 pm and 17:00 to 19:00 pm. In addition, total congestion costs is Rp. 723,241/vehicle/peak hour/trip.*

**Keywords : Vehicle Operating Cost (VOC); Manual BOK 1995 Method; LAPI ITB-PT. Jasa Marga Method; Tzedakis (1980) Equation**

## PENDAHULUAN

Kemacetan merupakan salah satu masalah yang masih belum terselesaikan pada kota-kota besar. Di Kota Kupang masalah kemacetan merupakan hal yang paling sering dijumpai pada ruas-ruas jalan tertentu, terutama di sepanjang ruas Jalan Jend. Sudirman, Kelurahan Kuanino, Kecamatan

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Sipil, FST Undana - Kupang

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Sipil, FST Undana - Kupang

<sup>3</sup> Jurusan Teknik Sipil, FST Undana - Kupang

Kota Raja, Kota Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Ruas jalan tersebut sering mengalami kemacetan pada jam-jam sibuk pagi dan sore hari. Salah satu penyebab utamanya adalah tingginya volume kendaraan, serta hambatan samping yang disebabkan oleh tata guna lahan sebagai daerah komersil, sehingga dapat menimbulkan tundaan bagi kendaraan. Tanpa disadari pengendara mengeluarkan biaya yang tidak seharusnya dikeluarkan apabila kendaraan dapat melaju dengan kecepatan desain jalan perkotaan, seperti biaya pemborosan bahan bakar, minyak rem, suku cadang, penggunaan ban dan nilai waktu.

## LANDASAN TEORI

### Kemacetan Dalam Lalu Lintas

1. Definisi kemacetan, menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014:9) yaitu suatu kondisi dimana arus lalu lintas yang lewat pada ruas jalan yang ditinjau melebihi kapasitas rencana jalan tersebut yang mengakibatkan kecepatan bebas ruas jalan tersebut mendekati 0 km/jam sehingga menyebabkan terjadinya antrian.
2. Karakteristik volume lalu lintas, dinyatakan sebagai besarnya nilai Lalu-lintas Harian Rata-Rata (LHR) tersebut umumnya bervariasi tergantung waktu. Dalam sehari biasanya terdapat dua jam sibuk, yaitu pada pagi hari dan sore hari (PKJI, 2014 Bagian I:1).
3. Tundaan, merupakan variabel yang sangat penting untuk menentukan kualitas dari suatu lalu lintas jalan dan dipergunakan sebagai kriteria untuk menentukan tingkat kemacetan.
4. Hambatan samping, timbul sebagai dampak terhadap kinerja lalu lintas yang berasal dari aktivitas samping segmen jalan. Hambatan samping yang umumnya sangat mempengaruhi kapasitas jalan yaitu pejalan kaki, angkutan umum, dan kendaraan lain berhenti, kendaraan tak bermotor, kendaraan masuk dan keluar dari fungsi tata guna lahan di samping jalan (PKJI, 2014 Bagian I:2).
5. Karakteristik dasar lalu lintas dinyatakan dan dianalisis dalam dua tinjauan, yaitu tinjauan mikroskopik (individu) dan tinjauan makroskopik atau kelompok (Wahyuni, R, 2008:47). Terdapat perbedaan di antara keduanya yaitu:

Tabel 1. Karakteristik Dasar Arus Lalu Lintas (Wahyuni, R, 2008)

Karakteristik Arus Lalu Lintas	Mikroskopik (Individu)	Makroskopik (Kelompok)
Arus	Waktu tempuh	Tingkat arus
Kecepatan	Kecepatan individual	Kecepatan rata-rata
Kepadatan	Jarak tempuh	Tingkat kepadatan

Dalam karakteristik arus lalu lintas terdapat unsur kapasitas. Kapasitas terdiri atas kapasitas dasar dan kapasitas nyata. Kapasitas dasar merupakan kapasitas segmen jalan yang telah ditentukan sebelumnya (PKJI, 2014 Bagian I:3), sedangkan kapasitas nyata merupakan kapasitas jalan yang telah dipengaruhi oleh faktor-faktor, seperti pada Persamaan 1 berikut.

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \tag{1}$$

Dimana:

C : Kapasitas

C<sub>o</sub> : Kapasitas dasar (smp/jam)

FC<sub>w</sub> : Faktor penyesuaian lebar jalur lalu-lintas

FC<sub>sp</sub> : Faktor penyesuaian terpisah arah (kondisi jalan tak terbagi)

FC<sub>sf</sub> : Faktor hambatan samping

$FC_{cs}$  : Faktor penyesuaian ukuran kota

Dalam karakteristik lalu lintas juga terdapat unsur kecepatan. Kecepatan terbagi atas kecepatan bebas dan kecepatan rata-rata, dimana kecepatan bebas dinyatakan dalam persamaan:

$$Fv = (F_{v_0} + FV_w) \times FFV_{sf} \times FFV_{cs} \quad (2)$$

Dimana:  $Fv$  merupakan kecepatan arus bebas (km/jam),  $F_{v_0}$  merupakan kecepatan arus bebas dasar (km/jam),  $FV_w$  merupakan penyesuaian lebar jalur lalu lintas,  $FF_{sf}$  merupakan faktor penyesuaian hambatan samping dan  $FFV_{cs}$  merupakan faktor penyesuaian ukuran kota.

6. Tingkat pelayanan suatu ruas jalan, merupakan kondisi operasional suatu arus lalu lintas dimana penilaiannya oleh pemakai jalan, biasanya dinyatakan dalam bentuk kapasitas, kecepatan kendaraan, waktu tempuh, dan sebagainya (PKJI, 2014 Bagian I:5).

### Biaya Transportasi

Dalam sistemnya, terdapat konsep biaya yang salah satunya merupakan konsep biaya sosial (*social cost*). Biaya sosial dapat disebut sebagai biaya eksternal (*eksternal cost*) dari suatu fasilitas (Yusril, 2012:19). Biaya eksternal (*eksternal cost*) dapat ditinjau dari segi biaya operasi kendaraan (BOK).

### Biaya Operasional Kendaraan

Penentuan klasifikasi kendaraan dilakukan dengan menggunakan metode manual Biaya Operasional Kendaraan (1995) ditunjukkan pada Tabel 2 dan untuk klasifikasi kendaraan menurut metode LAPI ITB-PT Jasa Marga dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 2. Penentuan Klasifikasi Kendaraan Representatif Metode Manual Biaya Operasional Kendaraan (BOK) 1995 (Dept. P. U, Dirjen Bina Marga. 1995)

No	Jenis Kendaraan	Nilai Minimum (Ton)	Nilai Maksimum (Ton)
1	Sedan	1,30	1,50
2	Truk Ringan	3,50	7,00

Tabel 3. Penentuan Klasifikasi Kendaraan Representatif Metode Jasa Marga (Sudarsana DK. Dan Swastika, 2012)

No	Golongan	Jenis Kendaraan
1	I	Sedan/Jeep/MVP
2	IIB	Truk Kecil

### Biaya Operasional Kendaraan Berdasarkan Metode Manual BOK 1995

1. Biaya Konsumsi Bahan Bakar

Biaya konsumsi bahan bakar terdiri atas:

- a. Kecepatan Kendaraan  
Terbagi atas 2 yaitu data kecepatan bebas dan kecepatan rata-rata lalu lintas.
- b. Percepatan Rata-Rata  
Perhitungan percepatan rata-rata dapat dianalisis dengan menggunakan persamaan:

$$Ag = 0,0128 \times (Q/C) \quad (3)$$

Dimana:  $Ag$  merupakan percepatan rata-rata,  $Q$  merupakan volume lalu lintas (smp/jam) dan  $C$  merupakan kapasitas jalan (smp/jam).

- c. **Tanjakan atau Turunan**  
Perhitungan tanjakan dan turunan dilakukan berdasarkan data pada Tabel 4.

Tabel 4. Alignment Vertikal yang Direkomendasikan Pada Berbagai Medan (Dept. P. U, Dirjen Bina Marga. 1995)

Kondisi Medan	Tanjakan Rata-rata (m/Km)	Turunan Rata-rata (m/Km)
Datar	2,50	-2,50
Bukit	12,50	-12,50
Pegunungan	22,50	-22,50

- d. **Simpangan Baku Percepatan**  
Simpangan baku percepatan lalu lintas dihitung dengan persamaan berikut:  
$$SA = SA_{max} (1,04/1 + e^{(a_0+a_1) \times Q/C}) \tag{5}$$

Dimana: SA merupakan simpangan baku percepatan (m/s<sup>2</sup>), SA<sub>max</sub> merupakan simpangan baku percepatan maksimum (m/s<sup>2</sup>) dan a<sub>0</sub>, a<sub>1</sub> merupakan koefisien parameter (tipikal, a<sub>0</sub> = 5,140; a<sub>1</sub> = -8,264)

- e. **Biaya Konsumsi Bahan Bakar Minyak**  
Persamaan yang mewakili biaya konsumsi bahan bakar minyak untuk setiap jenis kendaraan, yaitu:  
$$BiBBM_j = KBBM_i \times HBBM_j \tag{6}$$

Dimana: BiBBmi merupakan Biaya konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan i (rupiah/km), KBBMj merupakan konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan i (liter/km), i merupakan jenis kendaraan sedan, utility, bus kecil, bus besar, atau truk dan j merupakan jenis bahan bakar minyak solar ataupun premium.

- f. **Konsumsi Bahan Bakar Minyak (KBBM)**  
Besarnya konsumsi bahan bakar minyak dihitung menggunakan persamaan:

$$KBBM_i = \left( \alpha + \frac{\beta_1}{V_R} + \beta_2 \times V_R^2 + \beta_3 \times R_R + \beta_4 \times F_R + \beta_5 \times F_R^2 + \beta_6 \times DT_R + \beta_7 \times A_R + \beta_8 \times SA + \beta_9 \times BK + \beta_{10} \times BK + \beta_{11} \times BK \times SA \right) / 1000 \tag{7}$$

Dimana: α merupakan konstanta (dilihat pada Tabel 5), β<sub>1</sub>..β<sub>11</sub> merupakan Koefisien-koefisien parameter (dilihat pada Tabel 5), Vr merupakan kecepatan rata-rata, Rr merupakan tanjakan rata-rata (dilihat pada Tabel 5), Fr merupakan turunan rata-rata (dilihat pada Tabel 5), DTr merupakan derajat tikungan rata-rata (dilihat pada Tabel 5), Ar merupakan percepatan rata-rata, SA merupakan simpangan baku percepatan (dilihat pada Tabel 5) dan BK merupakan berat kendaraan

Tabel 5. Nilai Konstanta dan Koefisien Model Konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) (Dept. P. U, Dirjen Bina Marga. 1995)

Jenis Kendaraan	A	1/V <sub>R</sub>	V <sub>R</sub> <sup>2</sup>	R <sub>R</sub>	F <sub>R</sub>	F <sub>R</sub> <sup>2</sup>	DT <sub>R</sub> <sup>2</sup>	A <sub>R</sub>	SA	BK	BKxAR	BKxSAR
		β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>	β <sub>5</sub>	β <sub>6</sub>	β <sub>7</sub>	B <sub>8</sub>	B <sub>9</sub>	β <sub>10</sub>	β <sub>11</sub>
Sedan	23,78	1181,2	0,0037	1,265	0,634	-	-	-0,638	36,21	-	-	-
Truk Ringan	70,00	524,6	0,0020	1,732	0,945	-	-	124,40	-	-	-	50,02

2. **Biaya Konsumsi Oli**

- a. **Biaya Konsumsi Oli**  
Penentuan besarnya biaya konsumsi oli dapat dihitung berdasarkan rumus:

$$BO_i = KO_i \times HO_j \tag{8}$$

Dimana ; BOi merupakan biaya konsumsi oli untuk jenis kendaraan i (Rupiah/km) dan HOj merupakan konsumsi oli untuk jenis oli j (liter/km).

b. Konsumsi Oli (KO)

Konsumsi oli untuk masing-masing jenis kendaraan dihitung dengan persamaan:

$$KO_i = OHK_i \times OHO_i \times KBBM_i \tag{9}$$

Dimana: OHK<sub>i</sub> merupakan oli hilang akibat kontaminasi (liter/km) dan OHO<sub>i</sub> merupakan oli hilang akibat operasi (liter/km).

Perhitungan besarnya kehilangan oli akibat kontaminasi menggunakan rumus:

$$OHK_i = KAPO_i / JPO_i \tag{10}$$

Dimana: KAPO<sub>i</sub> merupakan kapasitas oli (liter) dan JPO<sub>i</sub> merupakan jarak penggantian oli (km).

Nilai tipikal pada persamaan 9 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai Tipikal JPO<sub>i</sub>, KPO<sub>i</sub> dan OHO<sub>i</sub> (Dept. P. U, Dirjen Bina Marga. 1995)

Jenis Kendaraan	JPO <sub>i</sub>	KPO <sub>i</sub>	OHO <sub>i</sub>
Sedan	2000	3,50	2,80 x 10 <sup>-8</sup>
Truk ringan	2000	6,00	2,10 x 10 <sup>-8</sup>

3. Biaya Konsumsi Suku Cadang

Perhitungan biaya konsumsi suku cadang menggunakan persamaan 11. yaitu:

$$BP_i = P_i \times HKB_i / 1000000 \tag{11}$$

Dimana: Bp<sub>i</sub> merupakan biaya pemeliharaan kendaraan jenis kendaraan i (Rupiah/km), KB<sub>i</sub> merupakan harga kendaraan baru rata-rata untuk jenis kendaraan i, dalam (Rupiah) dan P<sub>i</sub> merupakan nilai relatif biaya suku cadang terhadap harga kendaraan baru jenis i.

4. Biaya Upah Tenaga Pemeliharaan (BUI)

Biaya upah tenaga pemeliharaan untuk setiap jenis kendaraan dihitung dengan rumus:

$$BU_i = JP_i \times UTP / 1000 \tag{12}$$

Dimana: BU<sub>i</sub> merupakan biaya upah perbaikan kendaraan (Rp/km). JP<sub>i</sub> merupakan jumlah jam pemeliharaan (jam/1000 km) dan UTP merupakan Upah tenaga pemeliharaan (Rp/jam).

a. Harga Satuan Upah Tenaga Pemeliharaan (UTP)

Data upah akan didapatkan dari hasil survei langsung di bengkel-bengkel resmi.

b. Kebutuhan Jam Pemeliharaan (JPi)

Dapat dianalisis menggunakan persamaan berikut.

$$JP_i = a_0 \times P_i^{a_1} \tag{13}$$

Dimana: P<sub>i</sub> merupakan Konsumsi suku cadang kendaraan jenis I dan a<sub>0</sub>...a<sub>1</sub> merupakan konstanta

Nilai konstanta a<sub>0</sub> dan a<sub>1</sub> dapat digunakan nilai pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai Tipikal  $a_0$  dan  $a_1$  (Dept. P. U, Dirjen Bina Marga. 1995)

No.	Jenis Kendaraan	$a_0$	$a_1$
1	Sedan	77,14	0,547
2	Truk ringan	242,03	0,519

5. Biaya Konsumsi Ban

Perhitungannya dilakukan dengan mengurangi harga finansial dengan pajak penjualan yang dikenakan sebesar 10 % (Manual Biaya Operasional Kendaraan, 1995:21).

**Biaya Operasional Kendaraan Berdasarkan Metode LAPI ITB-PT Jasa Marga**

1. Konsumsi Bahan Bakar (KBB)

Terdapat rumus yang digunakan dalam perhitungannya, yaitu:

$$KBB = KBB \text{ dasar} \times (1 \pm (k_k + k_1 + k_r)) \tag{14}$$

$$KBB \text{ dasar kend. Gol. I} \dots = 0,05693V^2 - 6,42593V + 269,18 \tag{15}$$

$$KBB \text{ dasar kend. Gol.IIB} \dots = 0,21557V^2 - 24,1770V + 269,81 \tag{16}$$

Dimana: KBB, KBB dasar merupakan konsumsi bahan bakar (Liter/1000 Km), V merupakan kecepatan kendaraan (Km/Jam),  $k_k$  merupakan faktor koreksi akibat kelandaian (Lihat Tabel 8),  $k_1$  merupakan faktor koreksi akibat kondisi arus lalu lintas (Lihat Tabel 8) dan  $k_r$  merupakan faktor koreksi akibat kekasaran jalan.

Tabel 8. Faktor Koreksi Konsumsi Bahan Bakar Dasar Kendaraan (Tamin O. Z, 2000)

Faktor Koreksi akibat kelandaian negatif ( $k_k$ )	$g < -5\%$	-0,337
	$-5\% \pm g < 0\%$	-0,158
Faktor Koreksi akibat kelandaian positif ( $k_k$ )	$0\% \leq g < 5\%$	0,400
	$g \geq 5\%$	0,820
Faktor Koreksi akibat kondisi arus lalu lintas ( $k_1$ )	$0,00 \leq NVK < 0,60$	0,050
	$0,60 \leq NVK < 0,80$	0,185
	$NVK \geq 0,80$	0,253
Faktor Koreksi akibat kekasaran jalan ( $k_r$ )	$< 3 \text{ m/km}$	0,035
	$\geq 3 \text{ m/km}$	0,085

2. Konsumsi Minyak Pelumas

Besarnya konsumsi dasar minyak pelumas (liter/km) dikoreksi menurut tingkat kekasaran jalan (Ofyar Z. Tamin, 2000:98).

Tabel 9. Konsumsi Dasar Minyak Pelumas (Liter/Km) (Tamin O. Z, 2000)

Kecepatan (Km/Jam)	Jenis Kendaraan		
	Golongan I	Golongan II A	Golongan II B
10-20	0,0032	0,0060	0,0049
20-30	0,0030	0,0057	0,0046
30-40	0,0028	0,0055	0,0044
40-50	0,0027	0,0054	0,0043
50-60	0,0027	0,0054	0,0043
60-70	0,0029	0,0055	0,0044
70-80	0,0031	0,0057	0,0046

Tabel 10. Faktor Koreksi Minyak Pelumas Terhadap Kondisi Kekasaran Permukaan (Tamin O. Z, 2000)

Nilai Kekasaran	Faktor Koreksi
$< 3 \text{ m/km}$	1,00
$> 3 \text{ m/km}$	1,50

3. Biaya Pemakaian Ban  
 Persamaan yang digunakan adalah:  
 Kendaraan Golongan I :  $Y = 0,0008848V + 0,0045333$  (17)  
 Kendaraan Golongan IIB:  $Y = 0,0015553V + 0,0059333$  (18)  
 Dimana: Y merupakan Pemakaian ban per 1000 Km
4. Biaya Pemeliharaan
  - a. Suku Cadang  
 Kendaraan Golongan I :  $Y = 0,00000648V + 0,0005567$  (19)  
 Kendaraan Golongan IIB :  $Y = 0,0000191V + 0,0015400$  (20)  
 Dimana: Y merupakan biaya pemeliharaan suku cadang per 1000 Km.
  - b. Montir  
 Kendaraan Golongan I :  $Y = 0,00362V + 0,36267$  (21)  
 Kendaraan Golongan IIB:  $Y = 0,01511V + 1,21200$  (22)  
 Dimana: Y merupakan jam kerja montir per 1000 Km.
5. Biaya Penyusutan  
 Rumusan besarnya biaya penyusutan adalah:  
 Kendaraan Golongan I :  $Y = 1/(2,5V + 125)$  (23)  
 Kendaraan Golongan IIB :  $Y = 1/(6,0V + 300)$  (24)  
 Dimana: Y merupakan biaya penyusutan per 1000 Km.
6. Bunga Modal  
 Persamaan yang digunakan adalah:  
 Bunga Modal =  $0,22\% \times (\text{harga kendaraan baru})$  (25)
7. Biaya Asuransi  
 Rumusan biaya asuransi, yaitu:  
 Kendaraan Golongan I :  $Y = 38/(500V)$  (26)  
 Kendaraan Golongan IIB :  $Y = 61/(1714,28571V)$  (27)  
 Dimana: Y merupakan biaya asuransi per 1000 Km.

### Biaya Operasional Kendaraan Sepeda Motor

Model yang dapat digunakan dalam menganalisis biaya untuk kendaraan sepeda motor adalah (World Bank, 1995:14):

$$VOC = a + \frac{b}{V} + c.V^2 \quad (28)$$

Dimana: VOC merupakan biaya Operasional Kendaraan (Rp./Km), A merupakan konstanta (Rp./Km); untuk sepeda motor nilai a = 24, b,c merupakan koefisien, untuk sepeda motor dengan nilai b = 596, dan c = 0,0037 dan V merupakan kecepatan kendaraan (Km/Jam).

### Nilai Waktu

Adapun metode yang digunakan, yaitu metode pendapatan (*income approach*) yang ditunjukkan dalam persamaan 35.

$$NW = \frac{\text{PDRB/orang}}{\text{waktu kerja tahunan/orang}} \quad (29)$$

Dimana: NW merupakan nilai waktu dan PDRB merupakan pendapatan Domestik Regional Bruto.

### Biaya Kemacetan

Persamaan yang digunakan yaitu sebagai berikut (Tzedakis, 1980 dalam Basuki, 2008:74):

$$C' = N \times \left[ GA + \left( 1 - \frac{A}{B} \right) V' \right] T \quad (30)$$

Dimana:  $C'$  merupakan biaya kemacetan (rupiah/kend./jam macet),  $N$  adalah jumlah kendaraan (kendaraan),  $G$  merupakan biaya operasional kendaraan (Rp./kend.km),  $A$  merupakan Kendaraan dengan kecepatan eksisting (km/jam),  $B$  adalah kendaraan dengan kecepatan ideal (km/jam),  $V'$  atau  $NW$  yaitu nilai waktu perjalanan kendaraan cepat (Rp./kend.jam) dan  $T$  yaitu jumlah waktu antrian (jam).

## METODE PENELITIAN

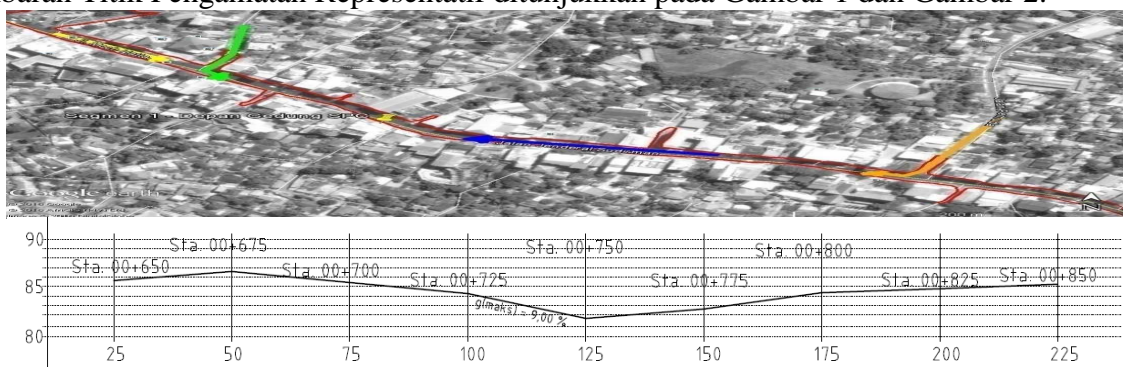
Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah:

1. Pada tahap awal dilakukan pengumpulan data, baik itu data primer maupun data sekunder. Untuk data primer dilakukan survei di lapangan (dilakukan secara terpisah dimana survei pertama dilakukan pada pukul 06.30-08.30 Wita dan pukul 17.00-20.00 Wita selama 12 hari pengamatan, juga survei kedua yang dilakukan pada pukul 09.00-17.00 Wita selama 6 hari pengamatan) guna didapatkan data volume kendaraan (kend./jam), data hambatan samping (terdiri atas pejalan kaki, parkir dan akses keluar masuk kendaraan), data kecepatan kendaraan dan data harga komponen biaya operasional kendaraan (seperti biaya bahan bakar minyak, oli, harga kendaraan baru, harga ban baru dan biaya tenaga kerja), sedangkan untuk data sekunder diperoleh data pendapatan per kapita penduduk tahun 2015 serta jumlah penduduk Kota Kupang tahun 2015. Data yang ada dianalisis per titik pengamatan dan per kondisi, yaitu kondisi sesungguhnya (dengan hambatan samping), serta kondisi tanpa hambatan samping.
2. Selanjutnya, dilakukan perhitungan BOK terhadap jenis kendaraan mobil (LV) dan kendaraan berat (HV) dengan metode Manual BOK 1995 (analisis menggunakan Persamaan 3 s/d 13) serta menggunakan metode LAPI ITB-PT Jasa Marga (analisis menggunakan Persamaan 14 s/d 27), sedangkan untuk Biaya Operasional Kendaraan (BOK) untuk jenis kendaraan sepeda motor (MC) digunakan persamaan 28. Perhitungan biaya dilakukan terhadap 3 kondisi, yaitu kondisi dengan hambatan samping, kondisi tanpa hambatan samping serta kondisi selisih keduanya.
3. Kemudian, dilakukan pemilihan BOK untuk jenis kendaraan mobil (LV) dan kendaraan berat (HV) dengan mempertimbangkan pemakaian biaya tak langsung pada perhitungannya, serta yang terbesar.
4. Berikutnya, dilakukan analisis biaya kemacetan per satuan kendaraan per satuan waktu dengan menggunakan Persamaan 30 (per hari, bulan dan tahun) dengan mempertimbangkan besarnya nilai waktu yang diselesaikan dengan metode pendapatan (Persamaan 29).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

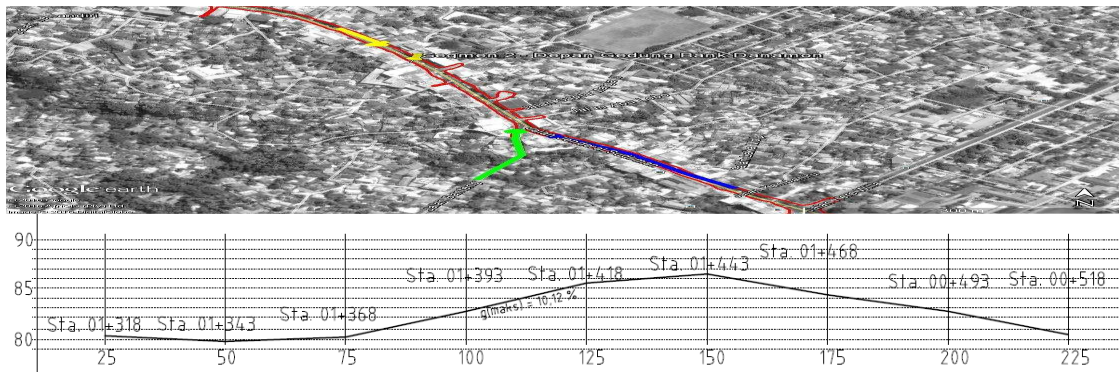
### Kondisi Geometrik dan Lalu Lintas Titik Survei

Gambaran Titik Pengamatan Representatif ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Titik Representatif 1 (Sta. 00+750), Segmen (Sta. 00+650 s/d 00+850)





Gambar 2. Titik Representatif 2 (Sta. 01+418), Segmen (Sta. 01+318 s/d 01+518)

**Data Hasil Survei dan Karakteristik Lalu Lintas**

1. Kondisi Arus/Volume Kendaraan Total (Q)

Tabel 11. Rekapitulasi Karakteristik Volume Lalu Lintas 2 Arah

Waktu Pengamatan	Titik Pengamatan I		Titik Pengamatan II		Rerata Titik Pengamatan	
	Q <sub>Total</sub> (Kend./Jam)	Q <sub>Total</sub> (smp/Jam)	Q <sub>Total</sub> (Kend./Jam)	Q <sub>Total</sub> (smp/Jam)	Q <sub>Total</sub> (Kend./Jam)	Q <sub>Total</sub> (smp/Jam)
06.30 - 07.30	2738	809	4189	1709	3873	1606
07.30 - 08.30	2338	740	3580	1503	3337	1424
09.00 - 10.00	2354	290	3453	1526	3322	1481
10.00 - 11.00	2290	862	3569	1620	3381	1552
11.00 - 12.00	2220	897	3494	1594	3329	1551
12.00 - 13.00	2346	894	3593	1616	3436	1572
13.00 - 14.00	2298	867	3445	1573	3323	1529
14.00 - 15.00	2234	851	3574	1631	3351	1546
15.00 - 16.00	2135	760	3258	1482	3095	1410
16.00 - 17.00	2359	838	3589	1624	3414	1550
17.00 - 18.00	2697	800	4221	1735	3873	1621
18.00 - 19.00	2527	671	3989	1595	3606	1463
19.00 - 20.00	2295	591	3488	1373	3193	1276

(\*) Faktor Ekuivalen Mobil Penumpang: 0,25 (Jenis kendaraan MC), 1,00 (jenis kendaraan LV) dan 1,20 (Jenis kendaraan HV)

2. Kondisi Hambatan Sampung

Tabel 12. Rekapitulasi Karakteristik Kondisi Hambatan Sampung

Waktu Pengamatan	Titik Pengamatan I		Titik Pengamatan II		Rerata Titik Pengamatan	
	Total Kejadian/200-m/jam	Kelas Hambatan Sampung	Total Kejadian/200-m/jam	Kelas Hambatan Sampung	Total Kejadian/200-m/jam	Kelas Hambatan Sampung
06.30 - 07.30	198	Low	171	L	184	Low
07.30 - 08.30	254	Low	255	L	255	Low
09.00 - 10.00	566	High	560	H	560	High
10.00 - 11.00	415	Medium	459	M	459	Medium
11.00 - 12.00	426	Medium	479	M	479	Medium
12.00 - 13.00	507	High	466	M	466	Medium
13.00 - 14.00	395	Medium	400	M	400	Medium
14.00 - 15.00	396	Medium	310	M	310	Medium
15.00 - 16.00	379	Medium	393	M	393	Medium
16.00 - 17.00	430	Medium	450	M	450	Medium
17.00 - 18.00	585	High	553	H	569	High
18.00 - 19.00	579	High	562	H	570	High
19.00 - 20.00	410	Medium	406	M	408	Medium

3. Kecepatan Kendaraan

a. Kecepatan arus bebas (tanpa hambatan samping)

Tabel 13. Rekapitulasi Kecepatan Arus Bebas (kondisi tanpa hambatan samping)

Waktu Pengamatan	FV (Km/Jam) Titik Pengamatan I			FV (Km/Jam) Titik Pengamatan II			Rerata Kecepatan (Km/Jam)
	MC	LV	HV	MC	LV	HV	
06.30 - 07.30	44,81	41,30	41,30	44,79	41,26	41,26	42,45
07.30 - 08.30	44,81	41,30	41,30	44,79	41,26	41,26	42,45
09.00 - 10.00	41,96	38,67	38,67	41,99	38,68	38,68	39,78
10.00 - 11.00	41,96	38,67	38,67	41,99	38,68	38,68	39,78
11.00 - 12.00	41,96	38,67	38,67	41,99	38,68	38,68	39,78
12.00 - 13.00	41,96	38,67	38,67	41,99	38,68	38,68	39,78
13.00 - 14.00	41,96	38,67	38,67	41,99	38,68	38,68	39,78
14.00 - 15.00	41,96	38,67	38,67	41,99	38,68	38,68	39,78
15.00 - 16.00	41,96	38,67	38,67	41,99	38,68	38,68	39,78
16.00 - 17.00	41,96	38,67	38,67	41,99	38,68	38,68	39,78
17.00 - 18.00	41,96	38,67	38,67	41,99	38,68	38,68	39,78
18.00 - 19.00	41,96	38,67	38,67	41,99	38,68	38,68	39,78
19.00 - 20.00	41,96	38,67	38,67	41,99	38,68	38,68	39,78

b. Kecepatan rata-rata (dengan hambatan samping)

Tabel 14. Rekapitulasi Kecepatan Rata-Rata (kondisi dengan hambatan samping)

Waktu Pengamatan	FV (Km/Jam) Titik Pengamatan I			FV (Km/Jam) Titik Pengamatan II			Rerata Kecepatan (Km/Jam)
	MC	LV	HV	MC	LV	HV	
06.30 - 07.30	34,19	29,83	26,71	31,84	27,95	22,17	28,78
07.30 - 08.30	33,80	28,98	26,25	27,89	24,49	21,60	27,17
09.00 - 10.00	24,24	22,21	19,33	24,07	22,83	19,29	22,06
10.00 - 11.00	24,28	23,38	20,74	25,40	24,26	20,80	23,24
11.00 - 12.00	25,53	23,00	20,12	24,57	23,68	20,91	22,97
12.00 - 13.00	25,23	23,07	19,89	24,93	24,01	21,48	23,10
13.00 - 14.00	26,29	24,46	20,76	25,59	24,15	21,98	23,87
14.00 - 15.00	26,03	23,77	21,36	26,90	25,40	23,31	24,46
15.00 - 16.00	26,47	24,05	21,59	26,38	24,74	22,82	24,34
16.00 - 17.00	25,00	23,73	20,53	25,11	23,76	21,81	23,32
17.00 - 18.00	24,94	21,75	19,29	24,67	21,98	20,21	22,14
18.00 - 19.00	24,18	21,64	21,16	20,48	19,11	16,80	20,56
19.00 - 20.00	25,48	22,81	20,90	23,13	19,66	21,54	22,25

4. Kinerja Pelayanan

a. Kinerja pelayanan kondisi tanpa hambatan samping

Tabel 15. Rekapitulasi Hasil Analisis Kapasitas Sesungguhnya (C)  
Kondisi Tanpa Hambatan Samping dan Kinerja Pelayanan

Waktu Pengamatan	C (smp/jam) Titik I	C (smp/jam) Titik II	C (smp/jam) Rerata Titik	V/C, DS Ratio	Penilaian Kinerja
06.30 - 07.30	3103	3186	3144,871	0,51	C
07.30 - 08.30	3103	3186	3144,871	0,45	C
09.00 - 10.00	3059	3148	3103,653	0,48	C
10.00 - 11.00	3059	3148	3103,653	0,50	C
11.00 - 12.00	3059	3148	3103,653	0,50	C
12.00 - 13.00	3059	3148	3103,653	0,51	C
13.00 - 14.00	3059	3148	3103,653	0,49	C
14.00 - 15.00	3059	3148	3103,653	0,50	C
15.00 - 16.00	3059	3148	3103,653	0,45	C

**Lanjutan.** Tabel 15. Rekapitulasi Hasil Analisis Kapasitas Sesungguhnya (C) Kondisi Tanpa Hambatan Samping dan Kinerja Pelayanan

Waktu Pengamatan	C (smp/jam) Titik I	C (smp/jam) Titik II	C (smp/jam) Rerata Titik	V/C, DS Ratio	Penilaian Kinerja
16.00 - 17.00	3059	3148	3103,653	0,50	C
17.00 - 18.00	3059	3148	3103,653	0,52	C
18.00 - 19.00	3059	3148	3103,653	0,47	C
19.00 - 20.00	3059	3148	3103,653	0,41	C

b. Kinerja pelayanan kondisi dengan hambatan samping

Tabel 16. Rekapitulasi Hasil Analisis Kapasitas Sesungguhnya (C) Kondisi Dengan Hambatan Samping dan Kinerja Pelayanan

Waktu Pengamatan	C (smp/jam) Titik I	C (smp/jam) Titik II	C (smp/jam) Rerata Titik	V/C, DS Ratio	Penilaian Kinerja
06.30 - 07.30	2172	2119	2145,316	0,75	D
07.30 - 08.30	2172	2119	2145,316	0,66	C
09.00 - 10.00	1964	1933	1948,225	0,76	D
10.00 - 11.00	2141	2093	2117,142	0,73	C
11.00 - 12.00	2141	2093	2117,142	0,73	C
12.00 - 13.00	1964	2093	2028,253	0,77	D
13.00 - 14.00	2141	2093	2117,142	0,72	C
14.00 - 15.00	2141	2093	2117,142	0,73	C
15.00 - 16.00	2141	2093	2117,142	0,67	C
16.00 - 17.00	2141	2093	2117,142	0,73	C
17.00 - 18.00	1964	1933	1948,225	0,83	D
18.00 - 19.00	1964	1933	1948,225	0,75	D
19.00 - 20.00	2141	2093	2117,142	0,60	C

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 16, didapatkan bahwa pada pukul 17.00-18.00 Wita merupakan jam puncak dengan rasio derajat kejenuhan (DS) tertinggi, yaitu sebesar 0,83 dengan penilaian kinerja pelayanannya D; juga diketahui bahwa kinerja pelayanan buruk terjadi pada pukul 06.30-07.30, 09.00-10.00 Wita, 12.00-13.00 Wita dan 17.00-19.00 Wita dengan didasarkan pada DS lebih besar dari 0,74 atau taraf penilaian D sampai dengan F (PKJI, 2014 Bagian I:11), sehingga analisis biaya kemacetan akan dilakukan pada jam-jam tersebut saja.

**Biaya Operasional Kendaraan (BOK) Metode Manual BOK 1995**

Biaya-biaya dianalisis terhadap 2 kondisi, baik dengan hambatan samping dan tanpa hambatan samping, serta total terhadap 2 kondisi tersebut. Rekapitulasi biaya kondisi total ditunjukkan dalam Tabel 17 dan 18.

Tabel 17. Rekapitulasi BOK Kondisi Total, Metode Manual BOK 1995

Waktu Pengamatan	BOK Titik I (Rp.)		BOK Titik II (Rp.)		BOK Rerata Titik (Rp.)	
	Sedan (Rp.)	Truk Kecil (Rp.)	Sedan (Rp.)	Truk Kecil (Rp.)	Sedan (Rp.)	Truk Kecil (Rp.)
06.30 - 07.30	10,895	65,648	13,981	67,709	12,438	66,679
07.30 - 08.30	12,268	66,006	16,320	68,201	14,294	67,104
09.00 - 10.00	22,691	71,622	21,463	71,541	22,077	71,582
10.00 - 11.00	23,490	72,924	22,215	71,664	22,852	72,294
11.00 - 12.00	23,758	72,557	22,766	71,915	23,262	72,236
12.00 - 13.00	23,490	72,924	22,215	71,664	22,852	72,294
13.00 - 14.00	19,849	71,604	20,213	70,709	20,031	71,157

**Lanjutan.** Tabel 17. Rekapitulasi BOK Kondisi Total, Metode Manual BOK 1995

Waktu Pengamatan	BOK Titik I (Rp.)		BOK Titik II (Rp.)		BOK Rerata Titik (Rp.)	
	Sedan (Rp.)	Truk Kecil (Rp.)	Sedan (Rp.)	Truk Kecil (Rp.)	Sedan (Rp.)	Truk Kecil (Rp.)
14.00 - 15.00	21,639	70,740	19,507	69,394	20,573	70,067
15.00 - 16.00	20,910	71,943	19,998	70,923	20,454	71,433
16.00 - 17.00	21,735	71,943	21,665	70,923	21,700	71,436
17.00 - 18.00	27,530	73,972	27,111	73,172	27,321	73,575
18.00 - 19.00	27,892	71,059	32,311	74,552	30,101	72,809
19.00 - 20.00	24,353	71,486	29,315	71,054	26,834	71,273
Rerata Per Jam	21,577	71,110	22,237	71,032	21,907	71,071

**Biaya Operasional Kendaraan (BOK) Metode LAPI ITB-PT Jasa Marga**

Berbeda dengan metode manual BOK 1995, metode ini memperhitungkan adanya tambahan biaya-biaya seperti: depresiasi (penyusutan), biaya modal dan biaya asuransi.

Tabel 18. Rekapitulasi BOK Kondisi Total, Metode LAPI-PT Jasa Marga

Waktu Pengamatan	BOK Titik I (Rp.)		BOK Titik II (Rp.)		BOK Rerata Titik (Rp.)	
	Sedan (Rp.)	Truk Kecil (Rp.)	Sedan (Rp.)	Truk Kecil (Rp.)	Sedan (Rp.)	Truk Kecil (Rp.)
06.30 - 07.30	126,655	392,667	153,478	568,768	140,067	480,717
07.30 - 08.30	138,639	409,350	209,327	593,077	173,983	501,214
09.00 - 10.00	227,962	644,508	216,191	628,304	222,076	636,406
10.00 - 11.00	205,960	578,754	190,183	576,430	198,071	577,592
11.00 - 12.00	213,024	606,755	200,494	571,367	206,759	589,061
12.00 - 13.00	211,681	618,842	194,575	546,419	203,128	582,631
13.00 - 14.00	186,598	577,778	192,198	525,220	189,398	551,499
14.00 - 15.00	198,894	551,711	170,588	469,617	184,741	510,664
15.00 - 16.00	193,782	541,539	181,846	489,868	187,814	515,704
16.00 - 17.00	199,523	588,352	199,146	532,364	199,334	560,358
17.00 - 18.00	236,993	646,630	232,420	602,715	234,706	624,672
18.00 - 19.00	239,200	560,282	294,323	770,165	266,762	665,223
19.00 - 20.00	216,421	571,710	282,219	544,005	249,320	557,858
Rerata Per Jam	199,641	560,683	208,999	570,640	204,320	565,661

**Biaya Operasional Kendaraan (BOK) Sepeda Motor (MC)**

Biaya Operasional Kendaraan (BOK) sepeda motor dianalisis dengan Persamaan 28.

Tabel 19. Rekapitulasi BOK Total Sepeda Motor

Waktu Pengamatan	BOK Sepeda Motor (Rp./kend.jam)		
	Titik I (Rp.)	Titik II (Rp.)	Rata-Rata (Rp.)
06.30 - 07.30	1,850	3,134	2,492
07.30 - 08.30	2,034	6,333	4,183
09.00 - 10.00	10,874	11,136	11,005
10.00 - 11.00	9,955	9,235	9,595
11.00 - 12.00	9,075	10,387	9,731
12.00 - 13.00	9,463	9,879	9,671
13.00 - 14.00	8,115	8,995	8,555
14.00 - 15.00	8,431	7,412	7,921

**Lanjutan.** Tabel 19. Rekapitulasi BOK Total Sepeda Motor

Waktu Pengamatan	BOK Sepeda Motor (Rp./kend.jam)		
	Titik I (Rp.)	Titik II (Rp.)	Rata-Rata (Rp.)
15.00 - 16.00	7,907	8,015	7,961
16.00 - 17.00	9,787	9,626	9,707
17.00 - 18.00	9,859	10,251	10,055
18.00 - 19.00	10,962	17,879	14,420
19.00 - 20.00	9,128	12,656	10,892
Rerata Biaya (Rp./kend.jam)			8,938

**Analisis Biaya Kemacetan**

Biaya kemacetan dianalisis dengan menggunakan Persamaan (35), dimana BOK kendaraan jenis sedan dan truk kecil dipilih yang terbesar diantara kedua metode analisis, yaitu metode LAPI-ITB PT. Jasa Marga; sedangkan besaran BOK jenis kendaraan sepeda motor dapat diambil pada Tabel 19.

Tabel 20. Rekapitulasi Biaya Kemacetan Jalan Jend. Sudirman Per Jam Pengamatan Macet

Waktu Pengamatan Puncak	Jumlah Kend., N (Kend.)	BOK, G (Rp./Kend./Jam) ( Total Rerata Tabel 18+ Tabel 19)	Kecepatan Sesungguhnya, A (Km/Jam) (Tabel 14)	Kecepatan Arus Bebas, B (Km/Jam) (Tabel 13)	Nilai Waktu, NW (Rp./Kend./Jam) (Pers. 34)	Jlh. Waktu Antrian, T (Jam) (T <sub>B</sub> -T <sub>A</sub> ) <sup>(*)</sup>	Biaya Kemacetan Per Jam (Rp./Kend./Jam)
06.30 - 07.30	3873	623,276	28,78	42,45	0,0253	0,0229	411,420
09.00 - 10.00	3322	869,487	22,06	39,78	0,0253	0,0414	793,807
12.00 - 13.00	3436	795,430	23,10	39,78	0,0253	0,0372	683,575
17.00 - 18.00	3873	869,433	22,14	39,78	0,0253	0,0410	790,213
18.00 - 19.00	3606	946,405	20,56	39,78	0,0253	0,0482	937,187
Rerata Biaya Kemacetan (Rp./Kendaraan/Jam)							723,241

<sup>\*)</sup> T<sub>A</sub> (Km/Jam): merupakan panjang jalan (L<sub>sudirman</sub>=2,05 Km) dibagi kecepatan arus bebas (A).  
 T<sub>B</sub> (Km/Jam): merupakan panjang jalan (L<sub>sudirman</sub>) dibagi kecepatan sesungguhnya (B).

Berdasarkan hasil analisis, maka dapat disimpulkan bahwa besarnya biaya kemacetan pada ruas jalan Sudirman adalah Rp. 723,241/kendaraan/jam macet atau sebesar Rp. 108.486,150/kendaraan/bulan atau sebesar Rp. 1.301.833,800/kendaraan/tahun (dengan mengabaikan hari libur, berdasarkan 1 hari terdiri dari 5 jam macet dan diasumsikan 1 bulan = 30 hari) dimana biaya tersebut ditanggung oleh pengendara tiap kali melakukan perjalanan pada ruas jalan tersebut. Semakin besar kecepatan maka biaya yang dikeluarkan semakin kecil dan sebaliknya, juga semakin tinggi jumlah hambatan samping maka semakin tinggi biaya kemacetan yang timbul dan sebaliknya; serta semakin besar volume kendaraan maka biaya yang dikeluarkan akan semakin besar dan sebaliknya.

**PENUTUP**

**Kesimpulan**

1. Besarnya BOK ruas jalan Sudirman per jamnya yaitu sebesar Rp. 8,938,- untuk jenis kendaraan sepeda motor (MC), Rp. 204,320,- untuk jenis kendaraan mobil (LV) dan Rp. 565,661,- untuk jenis kendaraan berat (HV), dimana kemacetan terjadi pada pukul 06.30-07.30 Wita, 09.00-10.00 Wita, 12.00-13.00 Wita dan 17.00-19.00 Wita dengan nilai DS (derajat kejenuhan) paling buruk terjadi pada pukul 17.00-18.00 Wita sebesar 0,83.

2. Besarnya biaya kemacetan akibat tundaan total yang ditanggung oleh pengendara kendaraan untuk melakukan perjalanan pada ruas jalan tersebut adalah sebesar Rp. 723,241/kendaraan/jam macet atau berdasarkan 1 hari terdiri dari 5 jam macet maka besarnya biaya per hari adalah sebesar Rp. 3.616,205/kendaraan/hari atau dengan mengabaikan hari libur dan diasumsikan 1 bulan sama dengan 30 hari maka besarnya biaya per bulan yaitu sebesar Rp. 108.486,150/kendaraan/bulan atau sebesar Rp. 1.301.833,800/kendaraan/tahun.

### Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut biaya kerugian tidak hanya berdasarkan pada Biaya Operasional Kendaraan saja, namun dapat ditinjau pula dari aspek kesehatan dan sosial (misalnya tingkat kejenuhan pengendara).
2. Juga perlu dilakukan penelitian pada ruas jalan lainnya yang berada di Kota Kupang untuk mendapatkan hasil yang lebih komprehensif.
3. Perlu dipertimbangkan kondisi volume kendaraan yang bervariasi, lebar jalan dan lebar jalan efektif yang tidak seragam, karakteristik bangunan komersil yang bervariasi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2014. **Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)**. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.
- Basuki, Imam. 2008. **Biaya Kemacetan Ruas Jalan Kota Yogyakarta**. Jurnal Teknik Sipil, Volume 9 No.1, Oktober 2008 : 71-80.
- Dept. P. U, Dirjen Bina Marga. 1995. **Manual Biaya Operasional Kendaraan Untuk Jalan Perkotaan di Indonesia**. Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi.
- Muffazil, Yusril. 2012. **Analisa Biaya Kemacetan kendaraan Pribadi di kawasan Sumber Universitas Sumatera Utara (Studi Kasus Jalan Padang Bulan Medan)**. Medan:Universitas Sumatera Utara.
- Sudarsana DK dan Swastika N. 2012. **Analisis Kerugian Biaya Dampak Masa Rekonstruksi Jalan Arteri di Provinsi Bali**. Laporan Hibah Penelitian Ketekniksipilan. Bali:Universitas Udayana.
- Tamin, OZ. 2000. **Perencanaan dan Pemodelan Transportasi Jilid 2**. Bandung:Institut Teknologi Bandung.
- Tzedakis, A, 1980. *Different Vehicles Speeds and Congestion Cost. Journal of Transport Economics and Policy*.
- Wahyuni, Rida. 2008. **Pengaruh Parkir Pada Badan Jalan Terhadap Kinerja Ruas Jalan (Studi Kasus Jalan Brigjen Katamso Sekolah Harapan Mandiri Medan)**. Program Sarjana Teknik Sipil Jurusan Transportasi, Universitas Sumatera Utara.
- World Bank, 1995. **Konstanta dan Koefisien pada Persamaan BOK Model Highway Design and Maintenance Standard Vehicle Operating Cost (HDM-VOC)**.