

**BAB III**  
**LANDASAN TEORI**

**3.1 Kapasitas Jalan**

Nilai kapasitas jalan dihasilkan dari pengumpulan data arus lalu lintas dan data geometrik jalan yang dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp). Untuk jalan dua lajur – dua arah penentuan kapasitas berdasarkan arus lalu lintas total, sedangkan untuk jalan dengan banyak lajur perhitungan dipisahkan secara per lajur. Persamaan untuk menentukan kapasitas adalah sebagai berikut.

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \quad (3.1)$$

Dengan:

- C = kapasitas (smp/jam).
- C<sub>o</sub> = kapasitas dasar (smp/jam).
- FC<sub>w</sub> = faktor koreksi lebar jalan.
- FC<sub>sp</sub> = faktor koreksi pemisah arah.
- FC<sub>sf</sub> = faktor koreksi hambatan samping dan bahu jalan.
- FC<sub>cs</sub> = faktor koreksi untuk ukuran kota.

Adapun nilai variabel-variabel yang termasuk dalam kapasitas, antara lain sebagai berikut ini.

1. Faktor kapasitas dasar (C<sub>o</sub>) ditunjukkan dalam Tabel 3.1

**Tabel 3.1** Kapasitas Dasar Jalan Perkotaan (C<sub>o</sub>)

Tipe Jalan	Kapasitas dasar (smp/jam)	Catatan
Empat-lajur terbagi atau Jalan satu-arah	1.650	Per lajur
Empat-lajur tak-terbagi	1.500	Per lajur
Dua-lajur tak -terbagi	2.900	Total dua arah

Sumber: (MKJI, 1997)

2. Faktor koreksi kapasitas akibat lebar jalan (FC<sub>w</sub>) ditunjukkan dalam Tabel 3.2

**Tabel 3.2** Faktor Koreksi Kapasitas Akibat Lebar Jalan (FCw)

Tipe Jalan	Lebar jalur lalu lintas efektif (W <sub>e</sub> )	FCw
Empat-lajur terbagi atau jalan satu-arah	Per lajur	
	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
Empat-lajur tak-terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,95
	3,50	1,00
	3,75	1,05
Dua-lajur tak - terbagi	Total dua arah	
	5	0,56
	6	0,87
	7	1,00
	8	1,14
	9	1,25
	10	1,29
	11	1,34

Sumber: (MKJI, 1997)

3. Faktor koreksi kapasitas akibat pemisah arah (FC<sub>sp</sub>) dapat dilihat pada Tabel 3.3

**Tabel 3.3** Faktor Koreksi Kapasitas Akibat Pemisah Arah (FC<sub>sp</sub>)

Pemisah arah SP %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FC <sub>sp</sub>	Dua-lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat-lajur 4/2	1,00	0,985	0,97	0,95	0,94

Sumber: (MKJI, 1997)

4. Faktor koreksi kapasitas akibat hambatan samping (FC<sub>sf</sub>) terbagi dua yaitu  
4.1 Jalan dengan bahu

Faktor koreksi kapasitas akibat hambatan samping (FC<sub>sf</sub>) dapat dilihat pada Tabel 3.4

**Tabel 3.4** Faktor Koreksi Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FCsf) pada Jalan dengan Bahu

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor koreksi untuk hambatan samping dan lebar bahu (FCsf)			
		Lebar bahu efektif $W_s$			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
Empat lajur terbagi 4/2 D	Sangat rendah	0,96	0,98	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,88	0,92	0,95	0,98
	Sangat Tinggi	0,84	0,88	0,92	0,96
Empat lajur tak terbagi 4/2 UD	Sangat rendah	0,96	0,99	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,87	0,91	0,94	0,98
	Sangat Tinggi	0,80	0,86	0,90	0,95
Dua jalur tak terbagi 2/2 UD atau jalan satu-satu	Sangat rendah	0,94	0,96	0,99	1,01
	Rendah	0,92	0,94	0,97	1,00
	Sedang	0,89	0,92	0,95	0,98
	Tinggi	0,82	0,86	0,90	0,95
	Sangat Tinggi	0,73	0,79	0,85	0,91

Sumber: (MKJI, 1997)

#### 4.2 Jalan dengan kerb

Faktor koreksi kapasitas akibat hambatan samping (FCsf) dapat dilihat pada Tabel 3.5

**Tabel 3.5** Faktor Koreksi Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FCsf) pada Jalan dengan Kerb

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor koreksi untuk hambatan samping dan lebar bahu (FCsf)			
		Lebar bahu efektif $W_s$			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
Empat lajur terbagi 4/2 D	Sangat rendah	0,95	0,97	0,99	1,01
	Rendah	0,94	0,96	0,98	1,00
	Sedang	0,91	0,93	0,95	0,98
	Tinggi	0,86	0,89	0,92	0,95
	Sangat Tinggi	0,81	0,85	0,88	0,92

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor koreksi untuk hambatan samping dan lebar bahu (FCsf)			
		Lebar bahu efektif Ws			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 2,0
Empat lajur tak terbagi 4/2 UD	Sangat rendah	0,95	0,97	0,99	1,01
	Rendah	0,93	0,95	0,97	1,00
	Sedang	0,90	0,92	0,95	0,97
	Tinggi	0,84	0,87	0,90	0,93
	Sangat Tinggi	0,77	0,81	0,85	0,90
Dua jalur tak terbagi 2/2 UD atau jalan satu-satu	Sangat rendah	0,93	0,95	0,97	0,99
	Rendah	0,90	0,92	0,95	0,97
	Sedang	0,86	0,88	0,91	0,94
	Tinggi	0,78	0,81	0,84	0,88
	Sangat Tinggi	0,73	0,72	0,77	0,82

Sumber: (MKJI, 1997)

5. Faktor koreksi kapasitas untuk ukuran kota (FCcs) dapat dilihat pada Tabel 3.6

**Tabel 3.6** Faktor Koreksi Kapasitas untuk Ukuran Kota (FCcs)

Ukuran Kota (Juta Penduduk)	Faktor koreksi untuk ukuran kota (FCcs)
< 0,1	0,86
0,1 – 0,5	0,90
0,5 – 1,0	0,94
1,0 – 3,0	1,00
>3,0	1,04

Sumber: (MKJI, 1997)

### 3.2 Volume Lalu lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melalui suatu titik atau garis hayal pada jalan per satuan waktu. Volume lalu lintas dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$Q = \frac{n}{T} \quad (3.2)$$

Dengan:

Q = volume lalu lintas (kend/jam).

n = jumlah kendaraan yang melalui titik tersebut dalam interval waktu.

T = interval waktu pengamatan (jam).

Volume lalu lintas dikonversikan ke satuan mobil penumpang (smp), setelah nilai ekivalen mobil penumpang (EMP) dari masing-masing kendaraan diketahui.

$$Q = [(QHV \times emp \text{ HV}) + (QLV \times emp \text{ LV}) + (QMC \times emp \text{ MC})] \quad (3.3)$$

### 3.3 Kecepatan Perjalanan

Kecepatan perjalanan adalah kecepatan efektif kendaraan yang sedang dalam perjalanan antara dua simpul yang dihitung dari jarak kedua simpul dibagi dengan waktu tempuh antara kedua simpul tersebut. Perhitungan waktu tempuh tersebut sudah termasuk waktu tundaan yang terjadi selama selama menempuh antar kedua simpul tersebut. Untuk metode pengukuran kecepatan perjalanan dalam penelitian ini menggunakan metode kendaraan contoh (*Floating Car Method*), dalam metode ini kendaraan survei mengikuti mayoritas pergerakan kendaraan di ruas jalan. Pada *floating car method*, jumlah kendaraan yang mendahului dan didahului kendaraan survei relatif sama. Kecepatan perjalanan dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut.

$$K = \frac{W}{60j} \quad (3.4)$$

Dengan:

K = kecepatan perjalanan (km/jam).

j = panjang ruas jalan (km).

W = waktu tempuh (menit.)

Sedangkan kecepatan arus bebas adalah kecepatan yang dipilih pengemudi seandainya mengendarai kendaraan bermotor tanpa halangan kendaraan bermotor lain di jalan (tingkat arus nol). Kecepatan arus bebas kendaraan dirumuskan sebagai berikut.

$$FV = (FVo + FVw) \times FFVsf \times FFVcs \quad (3.5)$$

Dengan:

FVo = kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan (km/jam).

$FV_w$  = penyesuaian lebar jalur lalu lintas efektif (km/jam).

$FFV_{sf}$  = faktor penyesuaian kondisi hambatan samping.

$FFV_{cs}$  = faktor penyesuaian ukuran kota.

Adapun nilai variabel yang termasuk dalam kecepatan arus bebas kendaraan, antara lain:

- a. Faktor kecepatan arus bebas dasar ( $FV_o$ ) ditunjukkan dalam Tabel 3.7

**Tabel 3.7** Faktor Kecepatan Arus Bebas Dasar ( $FV_o$ )

Tipe Jalan	Kecepatan arus bebas dasar			
	Kendaraan ringan (LV)	Kendaraan berat (HV)	Sepeda motor (MC)	Semua kendaran (rata-rata)
Enam-lajur terbagi (6/2D) atau Tiga-lajur satu-arah (3/1)	61	52	48	57
Empat-lajur terbagi (4/2D) atau Dua-lajur satu-arah (2/1)	57	50	47	55
Empat-lajur tak-terbagi (4/2 UD)	53	46	43	51
Dua-lajur tak-terbagi (2/2 UD)	44	40	40	42

Sumber: (MKJI, 1997)

- b. Faktor pengaruh lebar jalur lalu lintas ( $FV_w$ ) ditunjukkan dalam Tabel 3.8

**Tabel 3.8** Faktor Pengaruh Lebar Jalur Lalu Lintas ( $FV_w$ )

Tipe jalan	Lebar jalur Lalu lintas ( $W_c$ ) ( m )	$FV_w$ ( km/jam )
Empat-lajur terbagi atau Jalan satu arah	Per lajur	
	3,00	-4
	3,25	-2
	3,50	0
	3,75	2
	4,00	4

Tipe jalan	Lebar jalur Lalu lintas (Wc) ( m )	FVw ( km/jam )
Empat-lajur tak-terbagi	Per lajur	
	3,00	-4
	3,25	-2
	3,50	0
	3,75	2
	4,00	4
Dua-lajur tak-terbagi (2/2 UD)	Total	
	5	-9,5
	6	-3
	7	0
	8	3
	9	4
	10	6
11	7	

Sumber: (MKJI, 1997)

- c. Faktor pengaruh hambatan samping dan lebar bahu (FFVsf) ditunjukkan dalam Tabel 3.9

**Tabel 3.9** Faktor Pengaruh Hambatan Samping dan Lebar Bahu (FFVsf)

Tipe jalan	Kelas hambatan samping (SFC)	Faktor pengaruh untuk hambatan samping dan lebar bahu (FFVsf)			
		Lebar bahu efektif rata-rata Ws (m)			
		≤ 0,5 m	1,0 m	1,5 m	≥ 2 m
Empat-lajur terbagi 4/2 D	Sangat rendah	1,02	1,03	1,03	1,04
	Rendah	0,98	1,00	1,02	1,03
	Sedang	0,94	0,97	1,00	1,02
	Tinggi	0,89	0,93	0,96	0,99
	Sangat tinggi	0,84	0,88	0,92	0,96
Empat-lajur tak-terbagi 4/2 UD	Sangat rendah	1,02	1,03	1,03	1,04
	Rendah	0,98	1,00	1,02	1,03
	Sedang	0,93	0,96	0,99	1,02
	Tinggi	0,87	0,91	0,94	0,98
	Sangat tinggi	0,80	0,86	0,90	0,95
Dua –lajur tak-terbagi 2/2 UD atau jalan satu-arah	Sangat rendah	1,00	1,01	1,01	1,01
	Rendah	0,96	0,98	0,99	1,00
	Sedang	0,91	0,93	0,96	0,99
	Tinggi	0,82	0,86	0,90	0,95
	Sangat tinggi	0,73	0,79	0,85	0,91

Sumber: (MKJI, 1997)

Sedangkan untuk faktor pengaruh hambatan samping dan lebar kerb (FFVsf) ditunjukkan dalam Tabel 3.10

**Tabel 3.10** Faktor Pengaruh Hambatan Samping dan Lebar Kerb (FFVsf)

Tipe jalan	Kelas hambatan samping (SFC)	Faktor pengaruh untuk hambatan samping dan Jarak kerb-penghalang Lebar bahu efektif rata-rata $W_s$ (m)			
		$\leq 0,5$ m	1,0 m	1,5 m	$\geq 2$ m
Empat-lajur terbagi 4/2 D	Sangat rendah	1,00	1,01	1,01	1,02
	Rendah	0,97	0,98	0,99	1,00
	Sedang	0,93	0,95	0,97	0,99
	Tinggi	0,87	0,90	0,93	0,96
	Sangat tinggi	0,81	0,85	0,88	0,92
Empat-lajur tak-terbagi 4/2 UD	Sangat rendah	1,00	1,01	1,01	1,02
	Rendah	0,96	0,98	0,99	1,00
	Sedang	0,91	0,93	0,96	0,98
	Tinggi	0,84	0,87	0,90	0,94
	Sangat tinggi	0,77	0,81	0,85	0,90
Dua-lajur tak-terbagi 2/2 UD atau jalan satu - arah	Sangat rendah	0,98	0,99	0,99	1,00
	Rendah	0,93	0,95	0,96	0,98
	Sedang	0,87	0,86	0,92	0,95
	Tinggi	0,78	0,81	0,84	0,88
	Sangat tinggi	0,68	0,72	0,77	0,82

Sumber: (MKJI, 1997)

d. Faktor pengaruh ukuran kota (FFVcs) ditunjukkan dalam Tabel 3.11

**Tabel 3.11** Faktor Pengaruh Ukuran Kota (FFVcs)

Ukuran kota ( juta penduduk )	Faktor pengaruh untuk ukuran kota
<0,1	0,90
0,1-0,5	0,93
0,5-1,0	0,95
1,0-3,0	1,00
> 3,0	1,03

Sumber: (MKJI, 1997)

### 3.4 Nilai Okupansi Penumpang

Nilai okupansi faktor muat penumpang (*passenger load factor*) untuk pengguna kendaraan pribadi didapatkan dengan melakukan survei pada lokasi



penelitian, dalam survei ini mencatat jumlah keterisian penumpang pada sepeda motor dan mobil persatuan waktu. Menghitung nilai okupansi penumpang menggunakan persamaan berikut.

$$LF = JK \times \frac{JP}{C} \times 100\% \quad (3.6)$$

Dengan:

LF = *load factor*.

JK = jumlah kendaraan.

JP = jumlah penumpang

C = kapasitas tempat duduk kendaraan.

### 3.5 Nilai Waktu Perjalanan

Dalam penelitian ini nilai waktu perjalanan dihitung dengan pendekatan PDRB. Pada pendekatan yang menggunakan PDRB, pendapatan per kapita perbulan atas dasar harga berlaku, sedangkan asumsi yang digunakan adalah jumlah hari kerja selama satu bulan, jumlah jam kerja perhari, dan nilai okupansi penumpang. Menghitung nilai waktu perjalanan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\lambda = \frac{\text{PDRB /Jumlah Penduduk usia Produktif}}{\text{Waktu kerja selama setahun}} \quad (3.7)$$

Dengan:

$\lambda$  = nilai waktu perjalanan (Rp/jam/orang).

PDRB = produk domestik regional bruto (Rp).

Waktu kerja selama setahun dihitung berdasarkan Undang-undang Nomor 13 Tahun 2003, tentang Ketenagakerjaan pasal 77 Ayat (2) Waktu kerja sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) meliputi:

- a. 7 (tujuh) jam 1 (satu) hari dan 40 (empat puluh) jam 1 (satu) minggu untuk 6 (enam) hari kerja dalam 1 (satu) minggu; atau

- b. 8 (delapan) jam 1 (satu) hari dan 40 (empat puluh) jam 1 (satu) minggu untuk 5 (lima) hari kerja dalam 1 (satu) minggu.

Penduduk usia produktif adalah kelompok usia angkatan kerja antara 15 hingga 64 tahun, Sebagaimana tertuang dalam Undang-undang Nomor 13 tahun 2003 bahwa kelompok tenaga kerja adalah penduduk di luar usia 15 tahun dan berusia 64 tahun.

### 3.6 Waktu Antrian

Dalam penelitian ini nilai waktu antrian menggunakan model M/M/I (*Single Channel Query System* atau model antrian jalur tunggal), di mana kemacetan lalu lintas membentuk karakteristik antrian *First Come First Served* (FCFS) atau *First In First Out* (FIFO) yaitu pelanggan yang pertama datang, pertama dilayani serta membentuk pola Model M/M/I (*Single Channel Query Sistem* atau model antrian jalur tunggal), di mana kedatangan arus lalu lintas membentuk satu jalur tunggal untuk dilayani oleh stasiun tunggal (ruas jalan). Berikut ini merupakan persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung parameter antrian yaitu n, q, d dan w.

$$n = \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)} \quad (3.8)$$

$$q = \frac{\lambda^2}{(\mu - \lambda)} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)} \quad (3.9)$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda)} \quad (3.10)$$

$$w = \frac{\lambda}{\mu (\mu - \lambda)} \quad (3.11)$$

Dengan:

n = jumlah kendaraan atau orang dalam sistem (kendaraan atau orang per satuan waktu).

q = jumlah kendaraan atau orang dalam antrian (kendaraan atau orang per satuan waktu).

d = waktu kendaraan atau orang menunggu dalam sistem (satuan waktu).

$w$  = waktu kendaraan atau orang menunggu dalam antrian (satuan waktu).

$\lambda$  = tingkat kedatangan, yang mana diasumsikan sama dengan nilai  $Q$  yaitu arus lalu lintas (smp/jam).

$\mu$  = tingkat pelayanan, yang mana diasumsikan sama dengan nilai  $C$  yaitu kapasitas dasar (smp/jam.)

$\rho$  = nisbah antara tingkat kedatangan ( $\lambda$ ) dengan tingkat pelayanan ( $\mu$ ).

Beberapa asumsi yang diperlukan dalam model M/M/1 pada kasus  $\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$  adalah sebagai berikut.

- a. Persamaan (3.8) - (3.11) hanya berlaku untuk jalur tunggal dan nilai  $\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$   
Jika nilai  $\rho > 1$ , maka diharuskan menambah beberapa lajur-tunggal (multi lajur)
- b. Jika terdapat lebih dari 1 (satu) jalur (katankan  $N$  lajur), maka diasumsikan bahwa tingkat kedatangan ( $\lambda$ ) membagi dirinya secara merata untuk setiap lajur sebesar  $\frac{\lambda}{N}$  di mana  $N$  adalah jumlah lajur.
- c. Kendaraan yang sudah antri pada suatu lajur antrian diasumsikan tidak boleh berpindah antrian ke lajur lainnya.
- d. Waktu pelayanan antar tempat pelayanan diasumsikan relatif sama (atau dengan kata lain standar deviasi waktu pelayanan antar tempat pelayanan relatif kecil).

Menurut (Davidson dalam Tamin, 2000) konsep dasar dalam teori antrian yang menyatakan bahwa tundaan yang terjadi pada tingkat kedatangan ( $\lambda$ ) dan tingkat pelayanan ( $\mu$ ) yang tersebar secara acak dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$W_Q = \frac{\rho^2}{[\lambda(1 - \rho)]} \quad (3.12)$$

Dengan:

$W_Q$  = waktu antrian per kendaraan (satuan waktu).

$\lambda$  = tingkat kedatangan, yang mana diasumsikan sama dengan nilai  $Q$  yaitu volume lalu lintas (smp/jam).

$\mu$  = tingkat pelayanan, yang mana diasumsikan sama dengan nilai C yaitu kapasitas dasar (smp/jam).

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

### 3.7 Biaya Operasional Kendaraan (BOK)

Penelitian ini menggunakan metode perhitungan untuk biaya operasional kendaraan sepeda motor menggunakan hasil penelitian Cahiril Mubin (Mubin, 2011) dan perhitungan biaya operasional kendaraan untuk mobil menggunakan metode LAPI-ITB tahun 1997 (Tamin, 2000).

#### 3.7.1 BOK Sepeda Motor

Perhitungan BOK sepeda motor di mana komponen dan persamaan penghitungan BOK meliputi:

##### 1. Biaya Konsumsi Bahan Bakar.

Menghitung biaya konsumsi BBM dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{BBBM (Sedan)} = \text{KBBM} \times \text{HBBM} \quad (3.13)$$

$$\text{BBBM (Motor)} = 25\% \times \text{BBBM (sedan)} \quad (3.14)$$

Dengan:

BBBM = biaya konsumsi bahan bakar minyak (Rp/km).

KBBM = konsumsi bahan bakar minyak (lt/km).

HBBM = harga bahan bakar untuk jenis BBM (Rp/lt).

Menghitung konsumsi bahan bakar minyak menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{KBBM (sedan)} = & (\alpha + \beta_1/\text{VR} + \beta_2. \text{VR}^2 + \beta_3.\text{RR} + \beta_4.\text{FR} + \beta_5.\text{FR}^2 + \\ & \beta_6.\text{DTR} + \beta_7.\text{AR} + \beta_8.\text{SA} + \beta_9.\text{BK} + \beta_{10}.\text{BK}.\text{AR} + \beta_{11}.\text{BK}.\text{S} \\ & \text{A})/1.000 \end{aligned} \quad (3.15)$$

Dengan:

$\alpha$  = konstanta.

$\beta_1, \dots, \beta_{11}$  = koefisien parameter.

VR = kecepatan rata-rata.

RR = tanjakan rata-rata.

- FR = turunan rata-rata.
- DTR = derajat tikungan rata-rata.
- AR = percepatan rata-rata.
- SA = simpang baku percepatan.
- BK = berat kendaraan.

Untuk menghitung percepatan rata-rata menggunakan persamaan berikut.

$$AR = 0,0128 \times (V/C) \tag{3.16}$$

Dengan:

- AR = percepatan rata-rata.
- V = volume lalu lintas (smp/jam).
- C = kapasitas jalan (smp/jam).

Simpangan baku percepatan lalu lintas suatu ruas jalan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$SA = SA \max (1,04 / (1 + e^{(a_0+a_1) \times V/C})) \tag{3.17}$$

Dengan:

- SA = simpangan baku percepatan (m/detik<sup>2</sup>).
- SA<sub>max</sub> = simpangan baku percepatan (tipikal/default = 0,75).
- e = konstanta (e = 2,72).
- a<sub>0</sub>, a<sub>1</sub> = koefisien parameter (tipikal/default a<sub>0</sub> = 5,140; a<sub>1</sub> = -8,264).

**Tabel 3.12** Nilai Konstanta dan Koefisien Parameter Model Konsumsi BBM

Jenis Kendaraan	α	1/VR	VR <sup>2</sup>	RR	FR	FR <sup>2</sup>
		β1	β2	β3	β4	β5
Sedan	23,78	1181,2	0,0037	1,265	0,634	0
Truk Ringan	29,61	1256,8	0,0059	1,765	1,197	0
Bus Kecil	94,35	1058,9	0,0094	1,607	1,607	0

Jenis kendaraan	DTR	AR	SA	BK	BK x Ar	BK x SA
	$\beta_6$	$\beta_7$	$\beta_8$	$\beta_9$	$\beta_{10}$	$\beta_{11}$
Sedan	0	-0,638	36,21	0	0	0
Truk Ringan	0	132,2	42,84	0	0	0
Bus Kecil	0	1.661,1	49,58	0	0	0

Sumber: (Pedoman perhitungan BOK 2006 dalam Mubin, 2011)

**Tabel 3.13** Alinyemen Vertikal pada Medan Jalan

Kondis medan	Tanjakan rata-rata (RR) (m/km)	Turunan rata-rata (FR) (m/km)
Datar	2,5	-2,5
Bukit	12,5	-12,5
Pegunungan	22,5	-22,5

Sumber: (Pedoman perhitungan BOK 2006 dalam Mubin, 2011)

**Tabel 3.14** Berat Kendaraan yang Direkomendasikan

Jenis kendaraan	Nilai minimum (ton)	Nilai maksimum (ton)
Sedan	1,3	1,5
Truk ringan	1,5	2
Bus kecil	3	4

Sumber: (Pedoman perhitungan BOK 2006 dalam Mubin, 2011)

## 2. Biaya Konsumsi Oli.

Menghitung oli hilang akibat kontaminasi dengan persamaan berikut.

$$\text{OHK} = \text{KPO} / \text{JPO} \quad (3.18)$$

Dengan:

OHK = oli hilang akibat kontaminasi (lt/km).

KPO = kapasitas oli (liter)

JPO = jarak pergantian oli (km).

**Tabel 3.15** Nilai Tipikal JPO, KPO dan OHO

Jenis kendaraan	JPO (km)	KPO (Liter)	OHO (Lt/km)
Sedan	2.000	3,5	0,0000028
Truk ringan	2.000	3,5	0,0000028
Bus kecil	2.000	6	0,0000028
Bus besar	2.000	12	0,0000028

Sumber: (Pedoman perhitungan BOK 2006 dalam Mubin, 2011)

Menghitung konsumsi oli dengan persamaan berikut.

$$KO = OHK + OHO \times KBBM \quad (3.19)$$

Dengan:

KO = konsumsi oli (lt/km).

OHK = oli hilang akibat kontaminasi (lt/km).

OHO = oli hilang akibat operasional (lt/km).

KBBM = konsumsi bahan bakar (lt/km).

Menghitung biaya konsumsi oli dengan persamaan berikut.

$$BO = KO \times HO \quad (3.20)$$

Dengan:

BO = biaya konsumsi oli (Rp/km).

KO = konsumsi oli (lt/km).

HO = harga oli (Rp/liter).

### 3. Biaya Konsumsi Suku Cadang.

Menghitung konsumsi suku cadang kendaraan dengan persamaan berikut.

$$P = (\varphi + \gamma_1 \times IRI) \times (KJT / 1.000.000)^{\gamma_2} \quad (3.21)$$

Dengan:

P = konsumsi suku cadang kendaraan (1.000.000/km).

$\varphi$  = konstanta.

$\gamma_1, \gamma_2$  = koefisien parameter.

IRI = kekasaran jalan (m/km).

KJT = kumulatif jarak tempuh kendaraan (km).

**Tabel 3.16** Nilai Tipikal  $\phi$ ,  $\gamma_1$  dan  $\gamma_2$

Jenis kendaraan	Koefisien parameter		
	$\phi$	$\gamma_1$	$\gamma_2$
Sedan	-0,69	0,42	0,1
Truk ringan	-0,69	0,42	0,1
Bus kecil	-0,73	0,43	0,1
Bus besar	-0,15	0,13	0,1

Sumber: (Pedoman perhitungan BOK 2006 dalam Mubin, 2011)

Menghitung biaya pemeliharaan kendaraan dengan persamaan berikut.

$$B_p = P \times HKB / 1.000.000 \quad (3.22)$$

Dengan:

$B_p$  = biaya pemeliharaan kendaraan (Rp/km).

$P$  = nilai relatif biaya suku cadang terhadap harga kendaraan baru.

$HKB$  = harga kendaraan baru (Rp).

#### 4. Biaya Biaya Ban.

Menghitung konsumsi ban dengan persamaan berikut.

$$KB = \chi + \delta_1 \times IRI + \delta_2 \times TTR + \delta_3 \times DTR \quad (3.23)$$

Dengan:

$KB$  = konsumsi ban.

$\chi$  = konstanta.

$\delta_1 \dots \delta_3$  = koefisien parameter.

$IRI$  = kekasaran jalan (m/km).

$TTR$  = tanjakan turunan rata-rata.

$DTR$  = derajat tikungan rata-rata.

**Tabel 3.17** Nilai Tipikal  $\chi$ ,  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  dan  $\delta_3$

Jenis kendaraan	$\chi$	IRI	TTR	DTR
		$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$
Sedan	-0,0147	0,01489	-	-
Truk ringan	0,01905	0,01489	-	-
Bus kecil	0,02400	0,02500	0,003500	0,000670



Jenis kendaraan	$\chi$	IRI	TTR	DTR
		$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$
Bus besar	0,10153	-	0,000963	0,000244

Sumber: (Pedoman perhitungan BOK 2006 dalam Mubin, 2011)

Menghitung biaya ban dengan persamaan berikut.

$$BB = KB \times HB / 1000 \quad (3.24)$$

Dengan:

BB = biaya ban.

KB = konsumsi ban.

HB = harga ban baru (Rp).

#### 5. Depresiasi.

Biaya depresiasi per km = biaya depresiasi tahunan/jarak tempuh tahunan (3.22)

Dengan:

Jarak tempuh tahunan = Jarak tempuh harian x 360 hari

#### 6. Pajak Kendaraan.

Pajak per km = Pajak tahunan/Jarak tempuh tahunan (3.25)

Pajak tahunan kendaraan terdiri dari:

a. PKB (Pajak kendaraan bermotor)

PKB = 1,5% x Harga kendaraan baru

b. SWDKLLJ (Sumbangan Wajib Dana Kecelakaan Lalu Lintas Jalan)

SWDKLLJ = 35.000 Rupiah

### 3.7.2 BOK Mobil

Komponen biaya dan persamaan penghitungan biaya operasional kendaraan mobil meliputi:

#### 1. Konsumsi Bahan Bakar (KBB).

Konsumsi bahan bakar dalam liter/1.000 km, Konsumsi bahan bakar:

$$KBB = KBB \text{ dasar} \times (1 \pm (kk+kl+kr)) \quad (3.26)$$

KBB dasar kendaraan golongan I:

$$0,0248 V^2 - 3,0644V + 141,68 \quad (3.27)$$

KBB dasar kendaraan golongan IIA:

$$2,26533 \times (\text{KBB dasar golongan I}) \quad (3.28)$$

KBB dasar kendaraan golongan IIB:

$$2,90805 \times (\text{KBB dasar golongan I}) \quad (3.29)$$

Dengan:

V = kecepatan kendaraan (km/jam).

kk = faktor koreksi akibat kelandaian jalan.

kl = faktor koreksi akibat kondisi arus lalu lintas.

kr = faktor koreksi akibat kekasaran permukaan jalan.

**Tabel 3.18** Faktor Koreksi Konsumsi Bahan Bakar Dasar Kendaraan

Koreksi kelandaian negatif (kk)	$g < -5\%$	-0,337
	$-5\% \leq g < 0\%$	-0,158
Koreksi kelandaian positif (kk)	$0\% \leq g < 5\%$	0,400
	$g \geq 5\%$	0,820
Koreksi kondisi lalu lintas (kl)	$0 \leq v/c < 0,6$	0,050
	$0,6 \leq v/c < 0,8$	0,185
Koreksi kekasaran permukaan jalan (kr)	$< 3 \text{ m/km}$	0,035
	$\geq 3 \text{ m/km}$	0,085

Sumber: (LAPI-ITB 1997 dalam Tamin, 2000)

## 2. Konsumsi Minyak Pelumas.

Konsumsi dasar minyak pelumas (liter/km) dimodifikasi berdasarkan model yang dikembangkan dalam GENMERRI dan dikoreksi menurut tingkatan kekasaran permukaan jalan seperti ditunjukkan pada Tabel 3.19

**Tabel 3.19** Konsumsi Dasar Minyak Pelumas

Kecepatan kendaraan (km/jam)	Jenis kendaraan		
	Golongan I (Liter/Km)	Golongan IIA (Liter/Km)	Golongan IIB (Liter/Km)
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

Kecepatan kendaraan (km/jam)	Jenis kendaraan		
	Golongan I (Liter/Km)	Golongan IIA (Liter/Km)	Golongan IIB (Liter/Km)
60-70	0,0029	0,0055	0,0044
70-80	0,0031	0,0057	0,0046
80-90	0,0033	0,0060	0,0049
90-100	0,0035	0,0064	0,0053
100-110	0,0038	0,0070	0,0059

Sumber: (LAPI-ITB 1997 dalam Tamin, 2000)

**Tabel 3.20** Faktor Koreksi Konsumsi Minyak Pelumas terhadap Kondisi Kekasaran Permukaan Jalan

Nilai kekasaran permukaan jalan	Faktor koreksi
< 3.000 mm/km	1,00
≥ 3.000 mm/km	1,50

Sumber: (LAPI-ITB 1997 dalam Tamin, 2000)

### 3. Konsumsi Ban.

$$\text{Kendaraan golongan I} \quad : Y = 0,00088848 V - 0,0045333 \quad (3.30)$$

$$\text{Kendaraan golongan IIA} \quad : Y = 0,00088848 V - 0,0045333 \quad (3.31)$$

$$\text{Kendaraan golongan IIB} \quad : Y = 0,00088848 V - 0,0045333 \quad (3.32)$$

Dengan Y adalah pemakaian ban per 1.000 kilometer dan V adalah kecepatan kendaraan (km/jam).

### 4. Biaya Pemeliharaan.

Terdiri dari dua komponen yaitu biaya pemeliharaan suku cadang dan montir.

1. Biaya pemeliharaan suku cadang, dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Kendaraan golongan I} \quad : Y = 0,0000064 V + 0,0005567 \quad (3.33)$$

$$\text{Kendaraan golongan IIA} \quad : Y = 0,0000332 V + 0,0020891 \quad (3.34)$$

$$\text{Kendaraan golongan IIB} \quad : Y = 0,0000191 V + 0,0015400 \quad (3.35)$$

Dengan Y adalah biaya pemeliharaan suku cadang per 1.000 km dan V adalah kecepatan kendaraan (km/jam)

2. Biaya montir, dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Kendaraan golongan I} \quad : Y = 0,00362 V + 0,36267 \quad (3.36)$$

$$\text{Kendaraan golongan IIA} \quad : Y = 0,02311 V + 1,97733 \quad (3.37)$$

$$\text{Kendaraan golongan IIB} \quad : Y = 0,01511 V + 1,21200 \quad (3.38)$$

Dengan Y adalah jam montir/1.000 km dan V adalah kecepatan kendaraan (km/jam).

#### 5. Biaya Penyusutan.

Biaya penyusutan hanya berlaku pada perhitungan BOK pada jalan tol dan jalan arteri, besarnya berbanding terbalik dengan kecepatan kendaraan. Biaya penyusutan dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Kendaraan golongan I} \quad : Y = 1/(2,50 V + 125) \quad (3.39)$$

$$\text{Kendaraan golongan IIA} \quad : Y = 1/(9,0 V + 450) \quad (3.40)$$

$$\text{Kendaraan golongan IIB} \quad : Y = 1/(6,0 V + 300) \quad (3.41)$$

Dengan Y adalah depresiasi per 1.000 km (sama dengan 1/2 dari nilai depresiasi kendaraan) dan V adalah kecepatan kendaraan (km/jam).

#### 6. Bunga Modal.

Menurut Road User Cost Model tahun 1991 dalam Tamin (2000), besarnya biaya bunga modal per kendaraan per 1.000 km, dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Bunga modal} = 0,22\% \times (\text{Harga kendaraan baru}) \quad (3.42)$$

#### 7. Asuransi.

Biaya asuransi kendaraan dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Kendaraan golongan I} \quad : Y = 38/(500 V) \quad (3.43)$$

$$\text{Kendaraan golongan IIA} \quad : Y = 6/(2571,42857 V) \quad (3.44)$$

$$\text{Kendaraan golongan IIB} \quad : Y = 61/(1714,28571 V) \quad (3.45)$$

Dengan Y adalah biaya asuransi per 1.000 km dan V adalah kecepatan kendaraan (km/jam).

Sedangkan untuk mencari nilai kerugian biaya operasional kendaraan dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Kerugian BOK} = \text{BOK1} - \text{BOK 2} \times \text{Volume lalu lintas} \quad (3.46)$$

Dengan:

BOK 1 = BOK dengan kecepatan eksisting (Rp/km).

BOK 2 = BOK dengan kecepatan arus bebas (Rp/km).

### 3.8 Biaya Kemacetan

Penghitungan biaya kemacetan dengan menggunakan metode (Tzedakis, 1980). Metode penghitungan ini mengasumsikan:

1. perbedaan tingkat kecepatan kendaraan (lambat dan cepat),
2. kecepatan tiap kendaraan tidak dibuat berdasarkan tingkat (keadaan) lalu lintas,
3. tidak menggunakan satuan masa penumpang,
4. biaya kemacetan cenderung nol jika kecepatannya sama,
5. mempertimbangkan kendaraan yang bersifat stokastik,
6. kendaraan tidak dapat saling mendahului.

(Tzedakis, 1980) memodelkan biaya yang ditimbulkan akibat kemacetan lalu lintas dengan persamaan berikut.

$$C = N \times [G \times A + (1 - \frac{A}{B}) V'] \times T \quad (3.47)$$

Dengan:

C = biaya kemacetan (rupiah).

N = jumlah kendaraan (kendaraan).

G = biaya operasional kendaraan (Rp/kend.km).

A = kecepatan kendaraan kondisi eksisting/lapangan (Km/jam).

B = kecepatan kendaraan arus bebas (Km/jam).

V' = nilai waktu perjalanan kendaraan (Rp/kend.jam).

T = waktu antrian (Jam).