

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Metode yang Digunakan

Penerapan perilaku lalu lintas suatu ruas jalan menggunakan metode perhitungan yang terdapat dalam MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) 1997, bagian jalan perkotaan. MKJI 1997 dipakai sebagai cara untuk menganalisis perilaku arus lalu lintas pada ruas jalan di jalan Solo, karena MKJI 1997 merupakan cara yang paling tepat digunakan pada kondisi dan situasi jalan di Indonesia pada umumnya dan ruas jalan Solo pada khususnya.

MKJI 1997 merupakan penyempurnaan dari MKJI 1996 dimana MKJI 1996 merupakan penyempurnaan dari US HCM (*United States Highway Capacity Manual*) terhadap pemakaiannya di Indonesia, yang pada penyusunannya telah dilakukan penyesuaian terhadap komposisi lalu lintas dan perilaku pengemudi di Indonesia.

3.2 Arus dan Komposisi lalu-Lintas

Nilai arus lalu-lintas (Q) mencerminkan komposisi lalu lintas dengan menyatakan arus dalam satuan mobil penumpang (smp). Semua nilai arus lalu lintas (per arah dan total) dikonversikan menjadi satuan mobil penumpang (smp) dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang (emp) yang diturunkan secara empiris untuk tiap kendaraan.

Ekivalensi mobil penumpang (emp) untuk masing-masing tipe kendaraan tergantung pada tipe jalan, tipe alinyemen dan arus lalu lintas yang dinyatakan dalam kend/jam.

3.1 Langkah Penetapan Perilaku Lalu lintas

dalam menetapkan perilaku lalu lintas ini, Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 menggunakan data masukan sebagai berikut ini:

3.3.1 Satuan Mobil Penumpang

Menurut MKJI (1997) untuk jalan perkotaan, membedakan jenis kendaraan berdasarkan smp (satuan mobil penumpang) yang diekuivalensikan dengan nilai emp (ekivalensi mobil penumpang). emp untuk tiap tipe kendaraan tergantung pada tipe jalan dan arus lalu lintas total yang dinyatakan dalam kendaraan/jam.

Tabel 3.1 Ekivalensi Mobil Penumpang untuk jalan perkotaan tak terbagi

Tipe jalan: Jalan tak terbagi	Arus lalu lintas total dua arah (kend/jam)	Emp		
		HV	MC	
			Lebar lajur lalu lintas Wc (m)	
			≤6	>6
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	0	1,3	0,5	0,40
	≥1800	1,2	0,35	0,25
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	0	1,3	0,40	
	≥ 3700	1,2	0,25	

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

Tabel 3.2 Ekivalensi Mobil Penumpang untuk jalan perkotaan terbagi

Tipe jalan: Jalan satu arah dan jalan terbagi	Arus lalu lintas per lajur (kend/jam)	Emp	
		HV	MC
Dua lajur satu arah (2/1) Dan Empat lajur terbagi (4/2 D)	0 ≥ 1050	1,3 1,2	0,40 0,25
Tiga lajur satu arah (3/1) Dan Enam lajur terbagi (6/2 D)	0 ≥ 1100	1,3 1,2	0,40 0,25

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

3.3.2 Kondisi Lingkungan

Faktor lingkungan mempengaruhi analisis perilaku arus lalu lintas. faktor lingkungan yang cukup berpengaruh adalah kelas ukuran kota dan hambatan samping

1. Kelas Ukuran Kota

kelas ukuran kota ditentukan dalam tabel 3.3 berikut ini:

Tabel 3.3. Kelas ukuran kota

Ukuran kota (juta penduduk)	Kelas ukuran kota CS
<0,1	Sangat kecil
0,1 – 0,5	Kecil
0,5 – 1,0	Sedang
1,0 – 3,0	Besar
>3,0	Sangat besar

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

2. Kelas Hambatan Samping

Dalam menentukan hambatan samping perlu diketahui frekuensi berbobot kejadian. Untuk mendapatkan nilai frekuensi berbobot kejadian maka tiap tipe hambatan samping harus dikalikan dengan faktor bobotnya. Setelah frekuensi berbobot kejadian hambatan samping diketahui maka digunakan untuk mencari kelas hambatan samping.

Tabel 3.4 Faktor bobot untuk hambatan samping

Tipe kejadian Hambataan Samping	Simbol	Faktor Bobot
Pejalan kaki	PED	0.6
Kendaraan berhenti, parkir	PSV	0.8
Kendaraan masuk dan keluar	EEV	1.0
Kendaraan lambat	SMV	0.4

Sumber : Manual kapasitas jalan Indonesia (MKJI, 1997)

Tabel 3.5 Kelas hambatan samping

Frekuensi berbobot kejadian	Kondisi khusus	Kelas hambatan samping	
<100	Pemukiman, hampir tidak ada kegiatan	Sangat rendah	VL
100 – 299	Pemukiman, beberapa angkutan umum, dll	Rendah	L
300 – 499	Daerah industri dengan toko-toko disisi jalan	Sedang	M
500 – 899	Daerah niaga dengan aktivitas sisi jalan yang tinggi	Tinggi	H
>900	Daerah niaga dengan aktivitas pasar sisi jalan yang sangat tinggi	Sangat tinggi	VH

Sumber : Manual Kapasitas jalan Indonesia (MKJI, 1997)

3.4 Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan arus bebas kendaraan ringan digunakan sebagai ukuran utama dalam analisis selama ini. Jalan tak terbagi, analisis dilakukan pada kedua arah, jalan terbagi analisis dilakukan terpisah pada masing-masing arah lalu lintas, seolah-olah masing-masing arah merupakan jalan satu arah yang terpisah.

Kecepatan arus lalu lintas ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$FV = (FV_o + FV_w) \times FFV_{SF} \times FFV_{CS} \dots \dots \dots (3-1)$$

Keterangan :

FV = Kecepatan arus bebas kendaraan ringan (km/jam)

FV_o = Kecepatan arus dasar kendaraan ringan (km/jam)

FV_w = Penyesuaian kecepatan akibat lebar jalan (km/jam)

FFV_{SF} = Faktor penyesuaian akibat hambatan samping dan lebar bahu

FFV_{CS} = Faktor penyesuaian akibat kelas fungsi jalan dan guna lahan

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997) hal 5-49.

Tabel 3.6 Kecepatan arus bebas dasar (FV_o) untuk jalan perkotaan

Tipe Jalan	Kecepatan Arus Bebas Dasar (FV_o) (km/jam)			
	Kendaraan Ringan (LV)	Kendaraan Berat (HV)	Sepeda Motor (MC)	Semua kendaraan (rata-rata)
Enam lajur terbagi (6/2 D), atau Tiga lajur satu arah (3/1)	61	52	48	57
Empat lajur terbagi (4/2 D) atau Dua lajur satu arah (2/1)	57	50	47	55
Empat lajur tak terbagi (4/2 D)	53	46	43	51
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	44	40	40	42

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

Tabel 3.7 Penyesuaian untuk pengaruh lebar jalur lalu lintas (FV_w) pada kecepatan arus bebas kendaraan ringan, jalan perkotaan

Tipe Jalan	Lebar Jalur Lalu-lintas efektif (W_e) (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
Empat lajur tak terbagi	Per lajur	
	3,00	-4
	3,25	-2
	3,50	0
	3,75	2
Dua lajur tak terbagi	Total	
	5	-9.5
	6	-3
	7	0
	8	3
	9	4
	10	6
	11	7

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

Nilai kecepatan arus bebas bagi jalan yang lain (untuk jalan lebih dari empat jalur dan banyak lajur), nilai penyesuaiannya dapat diambil dari tabel pada jalan empat lajur terbagi.

Tabel 3.8 Faktor penyesuaian kecepatan Arus Bebas untuk Hambatan Samping dengan Bahu (FFV_{SF})

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping (SFC)	Faktor Penyesuaian Untuk Hambatan Samping dan Lebar Bahu			
		Lebar bahu efektif rata-rata W_s (m)			
		$\leq 0,5$ 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	0,90	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 : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

Tabel 3.9. Faktor penyesuaian Kecepatan Arus Bebas untuk Hambatan Samping dan Jarak kereb penghalang (FFV_{SF})

Tipe jalan	Kelas hambatan samping (SFC)	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan jarak kereb-penghalang			
		Jarak : kereb – penghalang W_g (m)			
		$\leq 0,5$ m	1,0 m	1,5 m	$\geq 2,0$ 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	0,89	0,92	0,95
	Tinggi	0,78	0,81	0,84	0,88
	Sangat tinggi	0,68	0,72	0,77	0,82

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

Tabel 3.10 Faktor penyesuaian untuk pengaruh ukuran kota pada kecepatan arus bebas ringan (FFV_{CS}), jalan perkotaan

Ukuran Kota (Juta Penduduk)	Faktor Penyesuaian 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 : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

Kecepatan arus bebas lainnya juga dapat ditentukan mengikuti prosedur sebagai berikut:

1. menghitung penyesuaian kecepatan arus bebas kendaraan ringan (km/jam)

yaitu:

$$FFV = FVo - FV \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

FFV = Penyesuaian kecepatan arus bebas kendaraan ringan (km/jam)

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

FV = Kecepatan arus bebas kendaraan ringan (km/jam)

2. Menghitung kecepatan arus bebas kendaraan berat menengah (MHV)

$$FV_{MHV} = FV_{MHV,O} - FFV \times FV_{MHV,O} / FVo \dots \dots \dots (3.3)$$

Keterangan:

$FV_{MHV,O}$ = Kecepatan arus bebas dasar MHV (km/jam)

FVo = Kecepatan arus bebas dasar LV (km/jam)

FFV = Penyesuaian kecepatan arus bebas LV (km/jam)

Sumber : Manual kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997) hal 5-49

3.5 Kapasitas

Kapasitas adalah arus lalu lintas (stabil) maksimum yang dapat dipertahankan pada kondisi tertentu (geometri, distribusi arah, dan komposisi lalu lintas, faktor lingkungan).

Untuk menentukan kapasitas pada ruas jalan, dengan persamaan sebagai berikut:

$$C = Co \times FCw \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{cs} \dots \dots \dots (3.4)$$

Keterangan:

C = Kapasitas (smp/jam)

Co = Kapasitas dasar (smp/jam)

FCw = Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

FC_{SP} = Faktor penyesuaian pemisahan arah

FC_{SF} = Faktor penyesuaian hambatan samping

FC_{cs} = Faktor penyesuaian ukuran kota

Sumber : Manual kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997) hal 5-49

Tabel 3.11 kapasitas dasar jalan perkotaan

Tipe jalan	Kapasitas dasar (smp/jam)	Catatan
Empat lajur terbagi atau Jalan satu arah	1650	Per lajur
Empat lajur tak terbagi	1500	Per lajur
Dua lajur tak terbagi	2900	Total dua arah

Sumber : Manual kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

Tabel 3.12 Penyesuaian kapasitas untuk pengaruh lebar jalur lalu-lintas untuk jalan perkotaan (FCw)

Tipe jalan	Lebar jalur lalu-lintas efektif (W _e) (m)	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	4,00	1,06
	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,95
	3,50	1,00
Dua lajur tak terbagi	3,75	1,05
	4,00	1,09
	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 : Manual kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

tabel 3.13 faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisahan arah (FC_{SF})

Pemisahan arah SP % - %		50 - 50	55 - 45	60 - 40	65 - 35	70 - 30
FC_{SF}	Dua lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat lajur 4/2	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94

Sumber : Manual kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

Tabel 3.14 Faktor penyesuaian kapasitas untuk pengaruh hambatan samping dan lebar bahu (FC_{SF}) pada jalan perkotaan dengan bahu

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu (FC_{SF})			
		Lebar bahu efektif W_c			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
4/2 D	VL	0,96	0,98	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,88	0,92	0,95	0,98
	VH	0,84	0,88	0,92	0,96
4/2 UD	VL	0,96	0,99	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,87	0,91	0,94	0,98
	VH	0,80	0,86	0,90	0,95
2?2 UD atau jalan satu arah	VL	0,94	0,96	0,99	1,01
	L	0,92	0,94	0,97	1,00
	M	0,89	0,92	0,95	0,98
	H	0,82	0,86	0,90	0,95
	VH	0,73	0,79	0,85	0,91

Sumber : Manual kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

Tabel 3.15 Faktor penyesuaian kapasitas untuk ukuran kota (FC_{CS})

Ukuran kota (juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
< 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 : Manual kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

3.7 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) adalah rasio dari volume arus lalu lintas (smp/jam) terhadap kapasitas (smp/jam) pada bagian jalan tertentu, biasanya dihitung dalam per jam. Rumus yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:

$$DS = Q / C \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan:

DS = Derajat kejenuhan (per jam)

Q = Arus lalu-lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

Sumber : Manual kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997) hal 5-56

3.8 Tingkat Pelayanan (Level of Service)

Dua tolok ukur untuk melihat tingkat pelayanan pada suatu kondisi lalu-lintas arus terganggu adalah kecepatan atau waktu perjalanan dan berbanding antara volume dengan kapasitas, yang biasa disebut v/c ratio (Edwart K Morlock, terjemahan 1985, hal 212). Untuk jalan luar kota kecepatan yang dimaksud adalah kecepatan jalan, sedangkan untuk jalan dalam kota adalah kecepatan perjalanan dengan waktu berhenti termasuk didalamnya. Besarnya volume adalah dari perhitungan yang dianggap mewakili suatu ruas jalan yang ditinjau.

Berikut ini beberapa hal yang perlu diketahui dalam menentukan tingkat pelayanan menurut "HCM" 1994.

$$SF_i = 2800 \times (v/c)_i \times f_d \times f_w \times f_{hv} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$f_{hv} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1) + P_B(E_B - 1)} \dots\dots\dots(3.7)$$

Keterangan:

- SFi = total dasar arus perjalanan pada dua arah yang berlaku untuk jalan raya dan kondisi lalu-lintas, untuk tingkat pelayanan i, dalam vph.
- $(v/c)_i$ = perjalanan arus dasar untuk kapasitas ideal pada tingkat pelayanan i
- fd = Faktor penyesuaian untuk distribusi langsung dari lalu-lintas
- fw = Faktro penyesuaian untuk jalan sempit yang dibatasi oleh lebar bahu jalan
- fhv = Faktor penyesuaian dengan adanya kendaraan berat pada aliran lalu-lintas
- Pt = Perbandingan truk didalam arus lalu-lintas
- Pr = Perbandingan mobil wisata didalam arsu lalu-lintas
- P_B = Perbandingan bus dalam arus lalu-lintas
- E_T = Perbandingan mobil penumpang dengan truk
- E_R = Perbandingan kendaraan wisata dengan truk
- E_B = Perbandingan bus dengan truk

Sumber : *Highway Capacity Manual (HCM '1994)*

Tabel 3.16 Tingkat pelayanan jalan untuk segmen jalan raya umum dua jalur

LOS	% waktu tundaan	Kecepatan rata-rata	Perbandingan v/c					
			Daerah datar					
			% kendaraan yang tidak melewati jalan ini					
			0	20	40	60	80	100
A	≤ 30	≥ 58	0,15	0,12	0,09	0,07	0,05	0,04
B	≤ 45	≥ 55	0,27	0,24	0,21	0,19	0,17	0,16
C	≤ 60	≥ 52	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33	0,32
D	≤ 75	≥ 50	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58	0,57
E	> 75	≥ 45	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
F	100	< 45	-	-	-	-	-	-

Sumber : *Highway Capacity Manual (HCM '1994, for two-lane highways)*

Tabel 3.17 Faktor jam sibuk untuk jalan raya dua arah, berdasarkan arus acak

Tingkat penentuan pelayanan jalan			
Total 2 arah (VPH)	Faktor jam sibuk	Total 2 arah (VPH)	Faktor jam sibuk
100	0,83	1000	0,93
200	0,87	1100	0,94
300	0,90	1200	0,94
400	0,91	1300	0,94
500	0,91	1400	0,94
600	0,92	1500	0,95
700	0,92	1600	0,95
800	0,93	1700	0,95
900	0,93	1800	0,95
		>1900	0,96

Sumber : *Highway Capacity Manual* (HCM '1994, for two-lane highways)

Tabel 3.18 Faktor penyesuaian untuk distribusi langsung lalu-lintas (fd)

Pembagian arah	100/0	90/10	80/20	70/30	60/40	50/50
Faktor penyesuaian (fd)	0,71	0,75	0,83	0,89	0,94	1,00

Sumber : *Highway Capacity Manual* (HCM '1994, for two-lane highways)

Tabel 3.19 Faktor penyesuaian untuk lebar lajur dan kebebasan samping (fw)

Jarak dari perkerasan ke penghalang	12 – ft. lane		11 – ft. lane		10 – ft. lane		9 – ft. lane	
	LOS A – D	LOS E	LOS A – D	LOS E	LOS A – D	LOS E	LOS A – D	LOS E
	≥6	1,00	1,00	0,93	0,94	0,84	0,87	0,70
4	0,92	0,97	0,85	0,92	0,77	0,85	0,65	0,74
2	0,81	0,93	0,75	0,88	0,68	0,81	0,57	0,70
0	0,70	0,88	0,65	0,82	0,58	0,75	0,49	0,66

Sumber : *Highway Capacity Manual* (HCM '1994, for two-lane highways)

Tabel 3.20 Ekuivalensi rata-rata mobil penumpang untuk truk, mobil rekreasi, bis pada segmen jalan dua arah

Tipe kendaraan	Tingkat pelayanan	Tipe kelandaian jalan		
		Datar	Bukit	Pegunungan
Truk, Et	A	2,0	4,0	7,0
	B dan C	2,2	5,0	10,0
	D dan E	2,0	5,0	12,0
Mobil rekreasi, Er	A	2,2	3,2	5,0
	B dan C	2,5	3,9	5,2
	D dan E	1,6	3,3	5,2
Bis, Eb	A	1,8	3,0	5,7
	B dan C	2,0	3,4	6,0
	D dan E	1,6	2,9	6,5

Sumber : *Highway Capacity Manual* (HCM '1994, for two-lane highways)

Tabel 3.21 kapasitas total dua arah pada kondisi ideal

Pemisahan arah	Kapasitas total (pcph)	Perbandingan kapasitas ke kapasitas ideal
50/50	2800	1,00
60/40	2650	0,94
70/30	2500	0,89
80/20	2300	0,83
90/10	2100	0,75
100/0	2000	0,71

Sumber : *Highway Capacity Manual* (HCM '1994, for two-lane highways)