

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Bangkitan Perjalanan (*trip generation*)

Bangkitan perjalanan adalah banyaknya jumlah perjalanan / pergerakan / lalu lintas yang dibangkitkan oleh suatu zona per satuan waktu (Azis dan Asrul, n.d). Maka bangkitan perjalanan merupakan tahap pemodelan transportasi yang bertugas untuk memperkirakan jumlah perjalanan yang meninggalkan suatu kawasan dan jumlah perjalanan yang datang ke suatu kawasan per satuan waktu.

Terdapat 2 pembangkit pergerakan, yaitu:

1. *Trip production* adalah jumlah perjalanan yang dihasilkan suatu zona
2. *Trip attraction* adalah jumlah perjalanan yang ditarik oleh suatu zona

$$\text{Jumlah trip } (Q_{\text{trip}}) = f(TGL) \quad (3-1)$$

Keterangan:

Q_{trip} = jumlah perjalanan yang timbul dari suatu tata guna lahan per satuan waktu

F = fungsi matematik

TGL = karakteristik-karakteristik dan sosioekonomi tata guna lahan dalam lingkup wilayah kajian

3.2 Perencanaan Transportasi

Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia tahun 1997, terdapat beberapa variabel dalam perhitungan kapasitas dan ukuran perilaku lalu lintas di daerah perkotaan.

3.2.1 Arus dan Komposisi Lalu Lintas

Arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan bermotor yang melalui titik pada jalan per satuan waktu, dinyatakan dalam kend/jam (Q_{kend}) smp/jam (Q_{smp}) atau LHRT (Q_{LHRT} Lalu lintas Harian Rerata Tahunan). Nilai arus lalu lintas (Q) mencerminkan komposisi lalu lintas, dengan menyatakan arus dalam satuan mobil penumpang (smp). Komposisi lalu lintas adalah sebagai berikut;

- a. Kendaraan ringan (LV), kendaraan bermotor dua as beroda 4 dengan jarak as 2,0 – 3,0 m (termasuk mobil penumpang, opelet, mikrobis, pick up dan truk kecil)
- b. Kendaraan berat (HV), kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,50 m, biasanya beroda lebih dari 4 (termasuk bis, truk 2 as, truk 3 as dan truk kombinasi)
- c. Sepeda motor (MC), kendaraan bermotor beroda 2 atau 3.
- d. Kendaraan tak bermotor (UM), kendaraan beroda yang menggunakan tenaga manusia atau hewan (termasuk sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong)

Tabel 3. 1 Ekivalensi Mobil Penumpang (emp) untuk jalan perkotaan tak terbagi

Tipe jalan: tak terbagi	Arus lalu lintas total dua arah (kend/jam)	Emp		
		HV	MC	
			Lebar jalur lalu lintas W_C (m)	
		≤ 6	> 6	
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	0	1,30	0,50	0,40
	≥ 1800	1,20	0,35	0,25
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	0	1,30	0,40	
	≥ 3700	1,20	0,25	

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997.

Tabel 3. 2 Ekivalensi Mobil Penumpang (emp) untuk jalan perkotaan terbagi dan satu arah

Tipe jalan: Jalan satu arah dan jalan terbagi	Arus lalu lintas per lajur (kend/jam)	Emp		
		LV	HV	MC
Dua lajur satu arah (2/1) dan Empat lajur terbagi (4/2 D)	0	1	1,30	0,40
	≥ 1050		1,20	0,25
Tiga lajur satu arah (3/1) dan Enam lajur terbagi (6/2 D)	0		1,30	0,40
	≥ 1100		1,20	0,25

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997.

3.2.2 Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan arus bebas (FV) didefinisikan sebagai kecepatan pada tingkat arus nol, yaitu kecepatan yang akan dipilih pengemudi jika mengendarai kendaraan bermotor tanpa dipengaruhi oleh kendaraan bermotor lain di jalan.

$$FV = (FV_0 + FV_W) \times FFV_{SF} \times FFV_{CS} \quad (3-2)$$

Keterangan:

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

FV₀ = kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan pada jalan yang diamati

FV_w = penyesuaian kecepatan untuk lebar jalan (km/jam)

FFV_{SF} = faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu atau jarak kereb penghalang

FFV_{CS} = faktor penyesuaian kecepatan untuk ukuran kota

Tabel 3. 3 Kecepatan Arus Bebas Dasar (FV_0) untuk jalan perkotaan

Tipe jalan	Kecepatan arus			
	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 UD)	53	46	43	51
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	44	40	40	42

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997.

Tabel 3. 4 Faktor Penyesuaian Pengaruh Lebar Jalur Lalu Lintas (FV_w) pada kecepatan arus bebas kendaraan ringan

Tipe jalan	Lebar jalur lalu lintas efektif (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
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

Tipe jalan	Lebar jalur lalu lintas efektif (W_C) (m)	FV_w (km/jam)
Dua lajur tak terbagi	8	3
	9	4
	10	6
	11	7

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Tabel 3. 5 Faktor Penyesuaian untuk pengaruh hambatan samping dan lebar bahu (FFVSF) pada kecepatan arus bebas kendaraan ringan untuk jalan perkotaan

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	0,91	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 : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997.

Tabel 3. 6 Faktor Penyesuaian untuk pengaruh hambatan samping dan jarak kereb penghalang (FFVSF) pada kecepatan arus bebas kendaraan ringan untuk jalan perkotaan dengan kereb

Tipe jalan	Kelas hambatan samping (SFC)	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan jarak kereb penghalang			
		Jarak: kereb penghalang W_K (m)			
		$\leq 0,5$ m	1,0 m	1,5 m	≥ 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

Tipe jalan	Kelas hambatan samping (SFC)	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan jarak kereb penghalang			
		Jarak: kereb penghalang W_K (m)			
		$\leq 0,5$ m	1,0 m	1,5 m	≥ 2 m
	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, 1997.

Tabel 3. 7 Faktor Penyesuaian untuk pengaruh ukuran kota pada kecepatan arus bebas kendaraan ringan (FFVCS) 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, 1997.

3.2.3 Kapasitas

Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam pada kondisi tertentu.

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS} \quad (3-3)$$

Keterangan:

C = kapasitas (smp/jam)

C_0 = kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w = faktor penyesuaian lebar jalan

FC_{SP} = faktor penyesuaian pemisah arah (hanya untuk jalan tak terbagi)

FC_{SF} = faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan / kereb

FC_{CS} = faktor penyesuaian ukuran kota

Tabel 3. 8 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, 1997.

Tabel 3. 9 Penyesuaian Kapasitas Untuk Pengaruh Lebar Jalur Lalu Lintas Untuk Jalan Perkotaan (FC_w)

Tipe Jalan	Lebar Jalur Lalu Lintas Efektif (W_e) (m)	FC_w
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 : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997.

Tabel 3. 10 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Pemisahan Arah (FCSP)

Pemisahan arah SP %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FC _{SP}	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, 1997.

Tabel 3. 11 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 _S)			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 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, 1997.

Tabel 3. 12 Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Hambatan Samping dan Jarak Kereb Penghalang (FCSF) Jalan Perkotaan dengan kereb

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan jarak kereb penghalang FC_{SF}			
		Jarak: kereb penghalang (W_K)			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
4/2 D	VL	0,95	0,97	0,99	1,01
	L	0,94	0,96	0,98	1,00
	M	0,91	0,93	0,95	0,98
	H	0,86	0,89	0,92	0,95
	VH	0,81	0,85	0,88	0,92
4/2 UD	VL	0,95	0,97	0,99	1,01
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,90	0,92	0,95	0,97
	H	0,84	0,87	0,90	0,93
	VH	0,77	0,81	0,85	0,90
2/2 UD atau jalan satu arah	VL	0,93	0,95	0,97	0,99
	L	0,90	0,92	0,95	0,97
	M	0,86	0,88	0,91	0,94
	H	0,78	0,81	0,84	0,88
	VH	0,68	0,72	0,77	0,82

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997.

Tabel 3. 13 Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Ukuran Kota (FCCS)

Ukuran kota (Juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
$\leq 0,1$	0,86
0,1 – 0,5	0,90
0,5 – 1,0	0,94
1,0 – 3,0	1,00
$\geq 3,0$	1,04

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997.

3.2.4 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja samping dan segmen jalan. Nilai DS menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

$$DS = Q/C \quad (3-4)$$

Keterangan :

DS = Derajat Kejenuhan

Q = Nilai arus total kendaraan (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

3.2.5 Kecepatan

Kecepatan tempuh didefinisikan sebagai kecepatan rata-rata ruang dari kendaraan ringan (LV) sepanjang segmen jalan.

$$V = L/TT \quad (3-5)$$

Keterangan :

V = kecepatan rerata ruang LV (km/jam)

L = panjang segmen (km)

TT = waktu tempuh rata-rata LV sepanjang segmen (jam)

3.2.6 Perilaku Lalu Lintas

Dalam US HCM 1994 perilaku lalu lintas diwakili oleh tingkat pelayanan (LOS). Suatu jalan dikategorikan mengalami kemacetan apabila hasil perhitungan LOS menghasilkan nilai mendekati 1.

$$LoS = V/C \quad (3-6)$$

Keterangan:

LoS = tingkat pelayanan jalan

V = volume lalu lintas

C = kapasitas jalan

Tabel 3. 14 Standar Nilai LOS

Tingkat Pelayanan	Rasio (V/C)	Karakteristik
A	< 0,60	Arus bebas, volume rendah dan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang dikehendaki.
B	0,60 < V/C < 0,70	Arus stabil, kecepatan sedikit terbatas oleh lalu lintas, pengemudi masih dapat bebas dalam memilih kecepatan.
C	0,70 < V/C < 0,80	Arus stabil, kecepatan dapat dikontrol oleh lalu lintas
D	0,80 < V/C < 0,90	Arus mulai tidak stabil, kecepatan rendah dan berbeda-beda, volume mendekati kapasitas
E	0,90 < V/C < 1	Arus tidak stabil, kecepatan rendah dan berbeda-beda, volume mendekati kapasitas
F	>1	Arus yang terhambat, kecepatan rendah, volume di atas kapasitas, sering terjadi kemacetan pada waktu yang cukup lama.

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997.

3.3 Pertumbuhan Lalu Lintas

Perkiraan pertumbuhan lalu lintas dapat dihitung berdasarkan LHRT dan LHR_0 dari tahun-tahun sebelumnya diambil dari data sekunder, serta umur rencana (n). Rumus umum yang dipergunakan adalah

$$LHRT = LHR_0 (1+i)^n \quad (3-7)$$

Keterangan :

LHRT = LHR akhir umur rencana

LHR_0 = LHR awal umur rencana

n = umur rencana (tahun)

i = angka pertumbuhan