

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Pengertian Jalan Bebas Hambatan

Jalan bebas hambatan adalah jalan untuk lalu lintas menerus dengan pengendalian jalan masuk secara penuh, baik merupakan jalan terbagi maupun jalan tak terbagi dan memiliki dua atau lebih jalur lalu lintas. Di Indonesia, definisi ini hampir sama artinya dengan “jalan tol”. Segmen suatu jalan bebas hambatan didefinisikan sebagai suatu panjang jalan bebas hambatan diantara dan tidak terpengaruh simpang susun dengan jalur penghubung, keluar dan masuk dan yang mempunyai karakteristik rencana geometrik dan arus lalu lintas yang serupa pada seluruh panjangnya.

3.2. Karakteristik Jalan Bebas Hambatan

Karakteristik geometrik jalan bebas hambatan yang baik akan meningkatkan kapasitas dan kinerja (*Level of Service*) pada suatu kondisi arus tertentu. Karakteristik jalan bebas hambatan yang baik meliputi :

- 1) Geometrik

- a. Lebar jalur, yaitu lebar jalur jalan (biasanya dalam meter) yang dilewati lalu lintas, dan tidak termasuk bahu. Kapasitas akan meningkat dengan bertambahnya lebar jalur.
- b. Karakteristik bahu : kinerja pada suatu arus tertentu akan meningkat dengan bertambahnya lebar bahu.
- c. Ada atau tidak adanya median : berkaitan dengan tipe jalan (jalan tak terbagi atau terbagi). Median yang direncanakan dengan baik dapat meningkatkan kapasitas.
- d. Lengkung vertikal : Makin pegunungan medan yang dilewati jalan bebas hambatan, makin rendah kapasitas dan kinerja pada suatu arus tertentu.
- e. Lengkung horisontal : Jalan bebas hambatan tak terbagi, dengan bagian lurus yang panjang, sedikit tikungan dan pundak bukit memungkinkan jarak pandang lebih panjang dan penyalipan lebih mudah, memberikan kapasitas yang lebih tinggi.

2) Kondisi lalu lintas

Karakteristik kondisi lalu lintas jalan bebas hambatan yang dapat mempengaruhi kapasitas dan kinerja jalan meliputi arus, komposisi lalu lintas, pengaturan lalu lintas, pembagian arah lalu lintas (untuk tipe jalan tak terbagi), dan populasi kendaraan dan pengemudi.

Karakteristik arus lalu lintas jalan bebas hambatan pada kondisi ideal dapat digambarkan dengan kriteria, yaitu lebar jalur minimum 12 ft, ruang bebas samping minimum 6 ft, hanya ada mobil penumpang pada aliran lalu lintas, didominasi oleh pengemudi terbiasa dengan kondisi jalan.

3.3. Parameter Dasar Analisa Kinerja/Tingkat Pelayanan Jalan Bebas Hambatan

3.3.1. Kecepatan

Dalam analisa ini, kecepatan rata-rata ruang yang merupakan definisi dari kecepatan tempuh yang digunakan untuk analisa kinerja jalan bebas hambatan diartikan sebagai kecepatan rata-rata kendaraan yang didapat dengan membagi jumlah jarak yang ditempuh dengan waktu yang dibutuhkan (Morlok, 1978). Teknik pengukuran di lapangan yang digunakan untuk mendapatkan kecepatan rata-rata ruang kendaraan yang melewati segmen jalan bebas hambatan yang dianalisa dilakukan dengan metode *moving car observer*.

Metode *moving car observer* mempunyai hasil yang memuaskan dengan biaya lebih ekonomis dengan estimasi *travel time* yang akurat. (Pignataro, Louis.J.,1973). Untuk mendapatkan hasil analisa dengan tingkat ketelitian yang tinggi menurut Hobbs, F.D.,(1995) jumlah putaran yang diperlukan minimal 6 dan maksimal 16 putaran untuk tiap rute perjalanan, tergantung pada stabilitas arus yang diukur. Menguntungkan bila memakai 2 mobil atau lebih, terutama pada saat jam puncak dan jumlah putaran ini harus sebanyak mungkin pada kondisi-kondisi yang paling konstan.

Persamaan berikut adalah persamaan untuk mendapatkan kecepatan rata-rata ruang (*space mean speed*) :

$$u = \frac{\sum_{i=1}^n s_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \dots\dots\dots(1)$$

dengan :

s_i = jarak yang ditempuh kendaraan i di jalan ($i = 1,2,3,\dots,n$)

m_i = waktu yang diperlukan kendaraan i di jalan ($i = 1,2,3,\dots,n$)

u = kecepatan rata-rata ruang

Ukuran kecepatan rata-rata yang mungkin dilakukan oleh hampir semua orang disebut kecepatan rata-rata waktu, yaitu rata-rata dari kecepatan kendaraan yang melalui suatu titik pada jalan dalam suatu interval waktu tertentu.

$$v = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \dots\dots\dots(2)$$

dengan :

v = kecepatan rata-rata waktu

v_i = kecepatan kendaraan i pada suatu titik di jalan

3.3.2. Kepadatan

Kepadatan atau konsentrasi atau adalah jumlah rata-rata kendaraan per satuan panjang jalur gerak pada suatu saat pada suatu waktu. (Morlok, 1978).

$$\frac{n}{L} \equiv k \dots\dots\dots(3)$$

dengan :

k = konsentrasi kendaraan pada jalan yang panjangnya L pada suatu titik dalam waktu

n = jumlah kendaraan di jalan

L = panjang jalan

Pada analisa tugas akhir ini pengukuran untuk mendapatkan kepadatan dilakukan pada saat yang berbeda, sehingga variasi dalam pengukuran harus

diperkirakan dalam menentukan kepadatan rata-rata pada suatu panjang jalan dengan rumus berikut :

$$\frac{n \sum_{I=1}^n m_{Ii}}{T \sum_{I=1}^n S_{Ii}} \dots\dots\dots(4)$$

dengan :

- T = periode pengamatan
- m_{Ii} = waktu yang dipergunakan kendaraan I di jalan
- s_{Ii} = jarak yang ditempuh kendaraan I di jalan
- n = jumlah kendaraan yang ada di jalan dalam periode I.

3.3.3. Arus

Arus menyatakan jumlah kendaraan yang melewati titik tertentu dalam interval waktu kurang dari 1 jam, tetapi biasanya dinyatakan dalam 1 jam. Arus yang dipakai dalam analisis ini menggunakan periode 15 menit, mengingat dalam berbagai literatur menggunakan periode ini.

3.4. Prosedur Analisa Perilaku Lalu Lintas

Dalam prosedur analisa operasional dan perencanaan dengan metode MKJI 1997 dan HCM 1994, dibutuhkan data masukan berupa data umum, yaitu data segmen apakah segmen alinyemen umum atau segmen kelandaian khusus dan data pengenalan segmen dari jalan bebas hambatan yang akan dianalisa, kondisi geometrik, dan kondisi lalu lintas. Data ini bermanfaat dalam menetapkan perilaku lalu lintas segmen jalan bebas hambatan yang sudah ada.

3.4.1. Metode MKJI 1997

3.4.1.1. Satuan Mobil Penumpang (smp)

Satuan mobil penumpang didefinisikan sebagai satuan untuk arus lalu lintas dari berbagai tipe kendaraan yang diubah menjadi kendaraan ringan (LV) dengan menggunakan ekuivalensi mobil penumpang (emp), yaitu faktor konversi berbagai jenis kendaraan di bandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan (LV) lainnya.

Komposisi lalu lintas yang membedakan berbagai jenis kendaraan dikonversikan menjadi smp dengan menggunakan nilai emp (ekuivalensi mobil penumpang). Nilai emp untuk tiap tipe kendaraan tergantung pada arus lalu lintas total yang dinyatakan dalam kendaraan/jam, tipe medan, dan tipe jalan.

Penentuan nilai ekuivalensi untuk kendaraan ringan diasumsikan besarnya selalu 1,0. Penentuan nilai ekuivalensi mobil penumpang untuk tipe kendaraan lain yang akan digunakan pada analisa jalan bebas hambatan ini dapat dilihat pada **Tabel 3.1.** di bawah dengan interpolasi untuk arus lalu lintasnya.

Tabel 3.1. Nilai ekuivalensi mobil penumpang untuk jalan bebas hambatan terbagi dua-arah empat-lajur

Tipe alinyemen	Arus kend/jam Jalan bebas hambatan terbagi per arah (kend/jam)	emp		
		MHV	LB	LT
Datar	0	1,2	1,2	1,6
	1.250	1,4	1,4	2,0
	2.250	1,6	1,7	2,5
	≥ 2.800	1,3	1,5	2,0
Bukit	0	1,8	1,6	4,8
	900	2,0	2,0	4,6
	1.700	2,2	2,3	4,3
	≥ 2.250	1,8	1,9	3,5

Lanjutan Tabel 3.1.

Tipe alinyemen	Arus kend/jam	emp		
	Jalan bebas hambatan terbagi per arah (kend/jam)	MHV	LB	LT
Gunung	0	3,2	2,2	5,5
	700	2,9	2,6	5,1
	1.450	2,6	2,9	4,8
	≥ 2.000	2,0	2,4	3,8

Sumber : MKJI (1997)

3.4.1.2. Kondisi Geometrik

Faktor geometrik yang sangat mempengaruhi kapasitas dan kinerja jalan bebas hambatan untuk menentukan perilaku lalu lintas adalah tipe alinyemen, kelas jarak pandang, dan kondisi penampang melintang jalan.

1) Penentuan Tipe Alinyemen

Penentuan tipe alinyemen umum untuk jalan bebas hambatan berdasar pada lengkung horisontal (rad/km) dan naik + turun vertikal (m/km). Kategori untuk tipe alinyemen berdasarkan MKJI 1997 ditentukan pada Tabel 3.2. Jika pada penentuan tipe alinyemen tidak memenuhi salah satu dari kategori alinyemen umum pada Tabel 3.2. atau data alinyemen tidak tersedia, dapat digunakan klasifikasi tipe medan Bina Marga, (IRMS) 1987 atau pengamatan langsung secara visual untuk memilih tipe alinyemen umum. Klasifikasi tipe medan berdasarkan Bina Marga 1987 dapat dilihat pada Tabel 3.3. di bawah.

Tabel 3.2. Tipe alinyemen berdasarkan MKJI 1997

Tipe alinyemen	Naik + turun (m/km)	Lengkung horisontal (rad/km)
Datar	< 10	< 1,0
Bukit	10 - 30	1,0 - 2,5
Gunung	> 30	> 2,5

Sumber : MKJI (1997)

Tabel 3.3. Tipe medan berdasarkan Bina Marga 1987

Jenis Medan	Kemiringan melintang rata-rata
Datar	0 – 9,9 %
Perbukitan	10 – 24,9 %
Pegunungan	> 25,0 %

Sumber : Bina Marga, IRMS 1987

2) Penentuan Kelas Jarak Pandang

Kelas jarak pandang ditentukan berdasar pada persentase segmen yang berjarak pandang minimum 300 m (jika tersedia). Dalam analisa perancangan jalan bebas hambatan digunakan nilai normal dengan taksiran teknis A. Kategori kelas jarak pandang ditentukan pada **Tabel 3.4.** berikut :

Tabel 3.4. Kelas jarak pandang

Kelas Jarak Pandang	% segmen dengan jarak pandang minimal 300 m
A	> 70 %
B	30 % – 70 %
C	< 30 %

Sumber : MKJI (1997)

3) Penampang Melintang Jalan Bebas Hambatan

Penampang melintang pada jalan bebas hambatan digunakan untuk mengetahui dan menentukan lebar efektif jalur lalu lintas, dan lebar efektif bahu luar dan bahu dalam (jika jalan terbagi). Penampang melintang merupakan potongan melintang tegak lurus sumbu jalan

a. Penentuan Lebar Efektif Jalur Lalu Lintas

Lebar jalur efektif lalu lintas yang dihitung adalah lebar jalur rata-rata, yaitu lebar jalur lalu lintas yang dinyatakan dalam meter yang tersedia untuk

gerakan lalu lintas tidak termasuk bahu yang diperkeras. Lebar jalur efektif lalu lintas dapat ditentukan dengan persamaan (5) berikut :

$$W_{C,D} = W - W_{S1} - W_{S2} \dots \dots \dots (5)$$

dengan :

$$W_{C,D} = \text{Lebar efektif jalur lalu lintas jalan terbagi (m)}$$

$$W_{S1} = \text{Lebar bahu efektif sisi kiri (m)}$$

$$W_{S2} = \text{Lebar bahu efektif sisi kanan (m)}$$

b. Penentuan Lebar Efektif Bahu Jalan

Lebar efektif bahu lalu lintas yang digunakan yaitu jumlah lebar bahu luar dan dalam per arah untuk jalan terbagi. Dalam menentukan lebar bahu efektif rata-rata untuk jalan bebas hambatan digunakan persamaan (6) dan (7) berikut :

$$\text{Arah kiri (1)} : W_{S1} = W_{SA,O} + W_{SA,I} \dots \dots \dots (6)$$

$$\text{Arah kanan (2)} : W_{S2} = W_{SB,O} + W_{SB,I} \dots \dots \dots (7)$$

dengan :

$$W_{SA,O} = \text{Lebar efektif bahu luar sisi kiri (m)}$$

$$W_{SA,I} = \text{Lebar efektif bahu dalam sisi kanan (m)}$$

Definisi penampang melintang jalan yang digunakan dilihat pada **Tabel**

3.5. untuk jalan bebas hambatan dengan segmen alinyemen umum.

Tabel 3.5. Tipe penampang melintang jalan segmen alinyemen umum

Tipe Jalan/ Kode	Kelas Jarak Pandang	Lebar Jalur Lalur Lintas (m)	Lebar Bahu (m)			
			Luar			Dalam
			Datar	Bukit	Gunung	
MW 2/2 UD	A	7,0	2,0	2,0	1,0	
MW 4/2 D	A	14,0	2,5	2,5	1,5	0,5
MW 6/2 D	A	21,0	2,5	2,5	1,5	0,5

Sumber : MKJI (1997)

Lanjutan Tabel 3.6.

Tipe jalan / Tipe alinyemen	Kecepatan arus bebas dasar (FV_0) (km/jam)			
	Kendaraan ringan (LV)	Kendaraan menengah (MHV)	Bus besar (LB)	Truk besar (LT)
b. Bukit	79	59	72	52
c. Gunung	65	57	57	40
Empat-lajur terbagi				
a. Datar	88	70	90	65
b. Bukit	77	58	71	52
c. Gunung	64	45	57	40
Dua-lajur tak terbagi				
a. Datar SDC : A	82	66	85	63
Datar SDC : B	78	63	81	60
b. Bukit	70	55	68	51
c. Gunung	62	44	55	39

Sumber : MKJI (1997)

2) Penentuan Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas untuk Segmen Alinyemen Umum

Dalam menentukan penyesuaian kecepatan arus bebas akibat lebar jalur untuk jalan bebas hambatan tipe alinyemen umum berdasarkan pada lebar efektif jalur lalu lintas (W_c), tipe jalan, dan tipe alinyemen. Untuk jalan bebas hambatan dengan bahu diperkeras yang dapat digunakan untuk lalu lintas, lebar bahu tidak ditambahkan pada lebar efektif jalur lalu lintas. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan keselamatan pengemudi, sehingga tidak dianjurkan menggunakan bahu yang diperkeras sebagai lajur tambahan bila lajur lalu lintas yang ada mengalami kemacetan. Untuk jalan bebas hambatan lebih dari enam lajur penyesuaian kecepatan arus bebas akibat lebar jalur ditentukan dengan nilai-nilai yang tersedia pada jalan bebas hambatan empat dan enam lajur. Penentuan penyesuaian kecepatannya dapat dilihat pada **Tabel 3.7.** di bawah

3.4.1.3. Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan arus bebas kendaraan ringan digunakan sebagai ukuran utama kecepatan arus bebas pada kondisi lapangan/kondisi sesungguhnya. Untuk Nilai kecepatan arus bebas kendaraan ringan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (8) berikut :

$$FV = FV_0 + FV_w \dots \dots \dots (8)$$

dengan :

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

FV_0 = Kecepatan arus bebas dasar (km/jam)

FV_w = Penyesuaian kecepatan arus bebas akibat lebar jalur lalu lintas
(km/jam)

1) Penentuan Kecepatan Arus Bebas Dasar (FV_0) untuk Segmen Alinyemen Umum

Penentuan arus dasar (FV_0) untuk segmen alinyemen umum berdasarkan pada kondisi alinyemen. Jika kelas jarak pandang tidak diketahui, maka pada jalan bebas hambatan tersebut dianggap B. Untuk jalan bebas hambatan lebih dari enam lajur dianggap sama seperti jalan bebas hambatan enam lajur. Nilai kecepatan arus bebas dasar ditentukan pada **Tabel 3.6.** dibawah ini

Tabel 3.6. Kecepatan arus bebas dasar pada jalan bebas hambatan

Tipe jalan / Tipe alinyemen	Kecepatan arus bebas dasar (FV_0) (km/jam)			
	Kendaraan ringan (LV)	Kendaraan menengah (MHV)	Bus besar (LB)	Truk besar (LT)
Enam-lajur terbagi a. Datar	91	71	93	66

Tabel 3.7. Penyesuaian akibat pengaruh lebar jalur lalu lintas dan tipe alinyemen pada kecepatan arus bebas kendaraan ringan (FV_w)

Tipe jalan bebas hambatan	Lebar efektif jalur lalu lintas (W_c) (m)	FV_w (km/jam)		
		Tipe alinyemen		
		Datar	Bukit	Gunung
Empat-lajur terbagi Enam-lajur terbagi	Per lajur			
	3,25	-1	-1	-1
	3,50	0	-1	0
	3,75	2	0	1
Dua-lajur tak terbagi	Total			
	6,5	-2	-1	-1
	7,0	0	0	0
	7,5	1	1	1

Sumber : MKJI (1997)

2) Penentuan Kecepatan Arus Bebas Untuk Tipe Kendaraan Lain pada Kondisi Lapangan untuk segmen Alinyemen Umum

Kecepatan arus bebas untuk tipe kendaraan lain dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (9) berikut :

$$FV_x = FV_{x,0} + FV_w \cdot FV_{x,0} / FV_0 \dots \dots \dots (9)$$

dengan :

FV_x = Kecepatan arus bebas kendaraan yang ditentukan

$FV_{x,0}$ = Kecepatan arus bebas dasar kendaraan yang ditentukan

FV_w = Penyesuaian kecepatan akibat lebar jalur

FV_0 = Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan

3.4.1.4. Kapasitas

Untuk menentukan kapasitas (C) pada suatu segmen jalan bebas hambatan, ditentukan dengan persamaan (10) berikut :

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{SP} \text{ (smp/jam)} \dots \dots \dots (10)$$

dengan :

C = Kapasitas

C_0 = Kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w = Faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas

FC_{SP} = Faktor penyesuaian akibat pemisahan arah (untuk jalan bebas hambatan tak terbagi)

1) Penentuan Kapasitas Dasar Jalan Bebas Hambatan

Dalam menentukan kapasitas dasar (C_0) jalan bebas hambatan, pengaruh tipe medan pada kapasitas diperhitungkan dengan menggunakan nilai ekuivalensi mobil penumpang. Besarnya nilai kapasitas dasar jalan bebas hambatan empat-dan enam-lajur dan untuk jalan yang lebih dari enam lajur dapat ditentukan dengan menggunakan kapasitas per lajur ditentukan pada

Tabel 3.8. di bawah

Tabel 3.8. Kapasitas dasar jalan bebas hambatan terbagi

Tipe jalan bebas hambatan/ Tipe alinyemen	Kapasitas dasar (smp/jam/lajur)
Empat-dan enam-lajur terbagi	
Datar	2300
Bukit	2250
Gunung	2150

Sumber : MKJI (1997)

2) Penentuan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu

Lintas

Faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas (FC_w) ditentukan berdasar pada lebar efektif jalur lalu lintas. Untuk jalan dengan bahu diperkeras yang dapat digunakan untuk lalu lintas, lebar bahu tidak ditambahkan pada lebar

efektif jalur lalu lintas. Faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalur ditentukan pada **Tabel 3.9.** di bawah.

Tabel 3.9. Faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalur lalu lintas

Tipe jalan bebas hambatan	Lebar efektif jalur lalu lintas W_c (m)	FC_w
Empat-lajur terbagi Enam-lajur terbagi	Per lajur	0,96
	3,25	
	3,50	
Dua-lajur tak-terbagi	3,75	1,03
	Total kedua arah	0,96
	6,5	
7,0		
	7,5	1,04

Sumber : MKJI (1997)

3.4.1.5. Derajat Kejenuhan

Nilai derajat kejenuhan (DS) menunjukkan apakah jalan memiliki masalah dengan kapasitas atau tidak. Derajat kejenuhan dihitung menggunakan arus dan kapasitas yang dinyatakan dalam smp/jam, dan ditentukan dari persamaan (11) berikut :

$$DS = Q/C \dots \dots \dots (11)$$

dengan :

DS = derajat kejenuhan

Q = arus lalu lintas pada ruas jalan

C = kapasitas

Dalam penentuan arus lalu lintas, arus yang digunakan adalah arus jam perencanaan (Q_{DH}) dalam kend/jam yang dihitung untuk masing-masing arah dan kedua arah.

Nilai arus jam perencanaan dapat ditentukan dengan dua alternatif, yaitu :

- a. Dengan menggunakan persamaan (12) berikut :

$$Q_{DH} = LHRT \times k \times SP/100 \dots \dots \dots (12)$$

dengan :

LHRT = Lalu lintas harian rata-rata tahunan untuk tahun penelitian
(kend/hari)

k = konstanta rasio arus jam perencanaan dan LHRT

SP = faktor pemisahan arah (arah 1/arah 2).

Nilai faktor pemisahan arah dihitung dengan rumus (13) berikut :

$$SP = Q_{DH,1}/Q_{DH,1+2} \dots \dots \dots (13)$$

- b. Dengan menggunakan data arus lalu lintas menurut jenis dan jurusan. Data ini bisa didapatkan dari hasil pengukuran di lapangan. Teknik pengukuran dilapangan yang digunakan pada analisa ini menggunakan video kamera dan pengelompokan data volume untuk analisa mempunyai selang waktu lima menit.

3.4.2. Metode HCM 1994

3.4.2.1. Faktor Penyesuaian Untuk Arus Pelayanan Maksimum

- 1) Faktor penyesuaian untuk lebar lajur dan kebebasan samping, f_w

Kondisi ideal untuk lebar lajur dan kebebasan samping adalah 12 ft dan 6 ft dari median dan tepi jalan. Ketika kondisi ini tidak dapat dicapai, nilai arus pelayanan maksimum (MSF) dan kapasitas mengalami penurunan dan diperlukan suatu faktor penyesuaian untuk mendekati nilai tersebut. Faktor

penyesuaian untuk lebar lajur dan kebebasan samping (f_w) dapat dilihat pada **Tabel 3.10.** di bawah. Jika halangan terdapat pada kedua sisi jalan, tetapi mempunyai jarak yang berbeda, dipakai rata-rata dari jarak kedua halangan tersebut.

Tabel. 3.10. Faktor penyesuaian (f_w) untuk lebar lajur dan kebebasan samping

Jarak dari Perkerasan ke Halangan (ft)	Faktor Penyesuai (f_w)							
	Penghalang pada satu sisi jalan				Penghalang pada kedua sisi jalan			
	Lebar Lajur (ft)							
	≥12	11	10	9	≥12	11	10	9
Jalan Bebas Hambatan dengan 4 lajur (2 lajur tiap arah)								
≥ 6	1.00	0.97	0.91	0.81	1.00	0.97	0.91	0.81
5	0.99	0.96	0.90	0.80	0.99	0.96	0.90	0.80
4	0.99	0.96	0.90	0.80	0.98	0.95	0.89	0.79
3	0.98	0.95	0.89	0.79	0.96	0.93	0.87	0.77
2	0.97	0.94	0.88	0.79	0.94	0.91	0.86	0.76
1	0.93	0.90	0.85	0.76	0.87	0.85	0.80	0.71
0	0.90	0.87	0.82	0.73	0.81	0.79	0.74	0.66
Jalan Bebas Hambatan 6 atau 8 lajur (3 atau 4 lajur tiap arah)								
≥ 6	1.00	0.96	0.89	0.78	1.00	0.96	0.89	0.78
5	0.99	0.95	0.88	0.77	0.99	0.95	0.88	0.77
4	0.99	0.95	0.88	0.77	0.98	0.94	0.87	0.77
3	0.98	0.94	0.87	0.76	0.97	0.93	0.86	0.76
2	0.97	0.93	0.87	0.76	0.96	0.92	0.85	0.75
1	0.95	0.92	0.86	0.75	0.93	0.89	0.83	0.72
0	0.94	0.91	0.85	0.74	0.91	0.87	0.81	0.70

Sumber : HCM 1994

2) Faktor penyesuaian untuk kendaraan berat

Nilai ideal MSF dan kapasitas mengalami penurunan dengan adanya kendaraan berat yang beroperasi pada jalan bebas hambatan. Pendekatan penentuan MSF dan kapasitas dilakukan dengan faktor penyesuaian f_{HV} sebagai nilai ekuivalensi mobil penumpang yang dibagi dalam dua kategori :

- a. Segmen jalan bebas hambatan secara umum

Dipakai ketika tidak ada kelandaian sebesar 3 persen atau lebih sepanjang $\frac{1}{4}$ mil, atau lebih dari $\frac{1}{2}$ mil untuk kelandaian kurang dari 3 persen. Selanjutnya nilai ekuivalennya dapat dilihat pada **Tabel 3.11**.

b. Kelandaian khusus

Kelandaian kurang dari 3 persen dengan jarak lebih dari $\frac{1}{2}$ mil atau dengan kelandaian 3 persen atau lebih dengan jarak lebih dari $\frac{1}{4}$ mil. Lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel 3.12.**, **Tabel 3.13.**, dan **Tabel 3.14.**

c. Kelandaian campuran

Umumnya alinyemen vertikal dari *freeway* dalam bentuk kelandaian campuran. Perhitungannya dilakukan dengan cara menghitung total hasil kali kemiringan jalan dengan jaraknya dibagi dengan total panjang kelandaian.

Tabel 3.11. Ekuivalensi mobil penumpang pada segmen *freeway* secara umum

Kategori	Tipe medan		
	Level	Rolling	Mountainous
E_T untuk truk dan bus	1.5	3.0	6.0
E_R kendaraan rekreasi	1.2	2.0	4.0

Sumber : HCM 1994

3) Perhitungan faktor penyesuaian untuk kendaraan berat (f_{HV})

Perhitungannya faktor penyesuaiaannya adalah :

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T (E_T - 1) + P_R (E_R - 1)} \dots\dots\dots(14)$$

dengan :

E_T, E_R = ekuivalensi kendaraan penumpang untuk truk/bus dan kendaraan rekreasi

P_T, P_R = proporsi dari truk/bus dan kendaraan rekreasi

Tabel. 3.12. Ekuivalensi mobil penumpang untuk Truk dan Bus pada Tanjakan

Tanjakan (%)	Panjang (mil)	E_T								
		Persen Truk dan Bus								
		2	4	5	6	8	10	15	20	25
<2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
2	0 - ¼	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	¼ - ½	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	½ - ¾	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	¾ - 1	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	1 - 1½	4.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	> 1½	4.5	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
3	0 - ¼	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	¼ - ½	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5
	½ - ¾	6.0	4.0	4.0	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	2.0
	¾ - 1	7.5	5.5	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0
	1 - 1½	8.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0
	> 1½	8.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
4	0 - ¼	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	¼ - ½	5.5	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5
	½ - ¾	9.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5
	¾ - 1	10.5	8.0	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0
	> 1	11.0	8.0	7.5	7.0	6.0	6.0	5.0	5.0	4.5
5	0 - ¼	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	¼ - 1/3	6.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	2.5	2.0
	1/3 - ½	9.0	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5
	½ - ¾	12.5	9.0	8.5	8.0	7.0	7.0	6.0	6.0	5.0
	¾ - 1	13.0	9.5	9.0	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5
	> 1	13.0	9.5	9.0	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5
6	0 - ¼	4.5	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0
	¼ - 1/3	9.0	6.5	6.0	6.0	5.0	5.0	4.0	4.0	3.5
	1/3 - ½	12.5	9.5	8.5	8.0	7.0	6.5	6.0	6.0	6.0

Lanjutan Tabel 3.12.

Tanjakan (%)	Panjang (mil)	E_T								
		Persen Truk dan Bus								
		2	4	5	6	8	10	15	20	25
6	$\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$	15.0	11	10	9.5	9.0	8.0	8.0	8.0	7.5
	$\frac{3}{4}$ - 1	15.0	11	10	9.5	9.0	8.5	8.0	8.0	7.5

Sumber: HCM 1994

Tabel 3.13. Ekuivalensi mobil penumpang untuk Truk dan Bus pada Turunan

Turunan (%)	Panjang kemiringan (mil)	Ekuivalensi mobil penumpang, E_T			
		Persen truk/bus			
		5	10	15	20
< 4	All	1.5 ^a	1.5 ^a	1.5 ^a	1.5 ^a
4	≤ 4	1.5 ^a	1.5 ^a	1.5 ^a	1.5 ^a
4	> 4	2.0	2.0	2.0	1.5
5	≤ 4	1.5 ^a	1.5 ^a	1.5 ^a	1.5 ^a
5	> 4	5.5	4.0	4.0	3.0
≥ 6	≤ 4	1.5 ^a	1.5 ^a	1.5 ^a	1.5 ^a
≥ 6	> 4	7.5	6.0	5.5	4.5

Sumber: HCM 1994

Nilai ^a adalah untuk kondisi level (datar)

Tabel 3.14. Ekuivalensi mobil penumpang untuk kendaraan rekreasi

Grade (%)	Panjang (mil)	E_R								
		Persen kendaraan rekreasi								
		2	4	5	6	8	10	15	20	25
≤ 2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
3	0 - $\frac{1}{2}$	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	> $\frac{1}{2}$	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
4	0 - $\frac{1}{4}$	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	$\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	> $\frac{1}{2}$	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5

Lanjutan Tabel 3.14.

Grade (%)	Panjang (mil)	E_R								
		Persen kendaraan rekreasi								
		2	4	5	6	8	10	15	20	25
5	0 - ¼	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	¼ - ½	4.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	> ½	4.5	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0
6	0 - ¼	4.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5
	¼ - ½	6.0	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0
	> ½	6.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	2.5	2.0

Sumber : HCM 1994

4) Faktor penyesuaian untuk populasi pengemudi

Faktor ini diperhitungkan mengingat volume kendaraan pada hari biasa berbeda dengan volume kendaraan pada hari libur. Pada hari libur banyak terdapat *unfamiliar driver* yang kurang menguasai medan sehingga mempengaruhi volume dan arus lalu lintas. Faktor penyesuaiannya dapat dilihat pada Tabel 3.15.

Tabel 3.15. Faktor penyesuaian untuk populasi pengemudi

Tipe Aliran Lalu lintas	Faktor penyesuai (f_p)
Harian, <i>commuter</i> , pengguna familiar	1.00
Rekreasi atau yang lain	0.75 - 0.99

Sumber : HCM 1994

3.4.2.2. Arus Pelayanan Maksimum tiap Lajur pada Kondisi Ideal

Nilai maksimum *service flow rate* yang dipakai pada kondisi ideal pada *freeway* dapat dilihat pada Tabel 3.16., untuk persamaannya dapat dilihat pada persamaan (15) berikut :

$$MSF_i = c_i \times (v/c)_i \dots \dots \dots (15)$$

dengan :

c_i = kapasitas lajur *freeway* pada kondisi ideal; 2000 pcphpl (*passenger car per hour per lane*) untuk kecepatan rencana 60-70 mph; 1900 pcphpl untuk kecepatan rencana 50 mph.

$(v/c)_i$ = rasio nilai maksimum v/c yang diijinkan untuk LoS i

Tabel 3.16. Kriteria Kinerja Jalan Untuk Jalan Bebas Hambatan

LOS	Kepadatan (kend/mil/lajur)	Kecepatan ^b (mph)	Rasio V/C	MSF ^a (kend/jam/lajur)
Kecepatan Rencana : 70 mph				
A	≤ 12	≥ 60	0.35	700
B	≤ 20	≥ 57	0.54	1100
C	≤ 30	≥ 54	0.77	1550
D	≤ 42	≥ 46	0.93	1850
E	≤ 67	≥ 30	1.00	2000
F	> 67	< 30	Variabel ^c	Variabel ^c
Kecepatan Rencana : 60 mph				
A	≤ 12	—	—	—
B	≤ 20	≥ 50	0.49	1000
C	≤ 30	≥ 47	0.69	1400
D	≤ 42	≥ 42	0.84	1700
E	≤ 67	≥ 30	1.00	2000
F	> 67	< 30	Variabel ^c	Variabel ^c
Kecepatan Rencana : 50 mph				
A	≤ 12	—	—	—
B	≤ 20	—	—	—
C	≤ 30	≥ 43	0.67	1300
D	≤ 42	≥ 40	0.83	1600
E	≤ 67	≥ 28	1.00	1900
F	> 67	< 28	Variabel ^c	Variabel ^c

Sumber : Traffic Engineering, William R. McShane & Roger P. Roess, dikutip dari HCM Special Report 209, Transportation Research Board, 1985, Tabel 3-1, p. 3-8

^a MSF tiap lajur di bawah kondisi ideal

^b Kecepatan tempuh rata-rata.

^c Arus tidak stabil, variable tinggi

Note : semua nilai MSF terdekat berkisar 50 pcph

3.4.2.3. Service Flow Rate

Analisis kapasitas menggunakan perubahan dari nilai arus maksimum ideal menjadi *service flow rate* yang menunjukkan kondisi secara umum, dimana kondisi yang terjadi adalah tidak ideal. Persamaan (16) menunjukkan *service flow rate* yang ditentukan tiap lajur per arah pada *freeway* sebagai berikut :

$$SF_i = MSF_i \times N \times f_w \times f_{HV} \times f_p \dots \dots \dots (16)$$

dengan :

SF_i = *service flow rate* untuk LoS pada kondisi jalan dan lalu lintas umum untuk N lajur pada satu arah (vph)

N = jumlah lajur dalam satu arah pada *freeway*

f_w = faktor penyesuaian untuk lebar lajur dan kebebasan lateral

f_{HV} = faktor penyesuaian untuk kendaraan berat

f_p = faktor penyesuaian untuk kendaraan rekreasi atau populasi pengemudi

Persamaan (15) dan (16) biasa digabung menjadi persamaan (17) yang biasa dipakai dalam analisis, yaitu :

$$SF_i = c_i \times (v/c)_i \times N \times f_w \times f_{HV} \times f_p \dots \dots \dots (17)$$

Jika pengaruh faktor jam puncak (*peak hour factor*), PHF diperhitungkan :

$$v_i = \frac{V_i}{PHF} \dots \dots \dots (18)$$

$$SF_i = v_i = \frac{V_i}{PHF} = MSF_i \times N \times f_w \times f_{HV} \times f_p \dots \dots \dots (19)$$

$$MSF_i = \frac{V_i}{PHF \times N \times f_w \times f_{HV} \times f_p} \dots \dots \dots (20)$$

dengan :

$MSFi$ = *maximum service flow rate* tiap jam tiap lajur (pcphp1) untuk LoS i

V_i = *hourly volume* pada kondisi aktual (vph)

vi = *peak flow rate* pada kondisi ideal (pcph)

