

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jalan Perkotaan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang diperuntukkan bagi lalu lintas. Pedoman MKJI 1997 mendefinisikan bahwa jalan perkotaan adalah jalan yang mempunyai perkembangan secara permanen dan menerus sepanjang seluruh atau hampir seluruh jalan, minimum pada satu sisi jalan. Selain itu, jalan perkotaan memiliki karakteristik arus lalu-lintas puncak pada pagi dan sore hari.

2.2 Parameter Lalu Lintas

Lalu lintas merupakan pergerakan kendaraan, orang, dan/atau barang pada prasarana yang berupa jalan dan fasilitas pendukung. Karakteristik lalu lintas selalu bervariasi, hal ini diantaranya disebabkan karena adanya pergerakan moda transportasi yang berbeda, jumlah pengguna kendaraan pribadi yang tinggi, pemilihan jenis kendaraan yang berpengaruh pada komposisi arus, dan perilaku pengemudi dalam memilih kecepatan untuk berkendara. Maka dari itu perlu adanya parameter yang mampu menunjukkan karakteristik lalu lintas diantaranya arus, kecepatan dan kerapatan.

2.2.1 Arus dan Volume Lalu Lintas

Arus adalah jumlah kendaraan yang melintas suatu titik pada suatu ruas jalan dalam waktu tertentu dengan membedakan arah dan lajur. Sedangkan volume adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik atau pada suatu ruas jalan dalam waktu yang lama tanpa membedakan arah dan lajur. MKJI 1997 membagi arus lalu lintas perkotaan terbagi menjadi empat (4) jenis yaitu:

1. Kendaraan ringan / Light Vehicle (LV)

Meliputi kendaraan bermotor 2 as beroda empat dengan jarak as 2,0–3,0 m (termasuk mobil penumpang, mikrobis, pick-up, truk kecil, sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

2. Kendaraan berat/ Heavy Vehicle (HV)

Meliputi kendaraan motor dengan jarak as lebih dari 3,5 m biasanya beroda lebih dari empat (termasuk bis, truk dua as, truk tiga as, dan truk kombinasi).

3. Sepeda Motor/ Motor Cycle (MC)

Meliputi kendaraan bermotor roda 2 atau tiga (termasuk sepeda motor dan kendaraan roda tiga sesuai sistem klasifikasi Bina Marga)

4. Kendaraan Tidak Bermotor / Un Motorized (UM)

Meliputi kendaraan beroda yang menggunakan tenaga manusia, hewan, dan lain-lain (termasuk becak, sepeda, kereta kuda, kereta dorong dan lain-lain sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

Dalam suatu arus lalu lintas tentunya terdiri dari berbagai jenis kendaraan, agar dapat menyamaratakan nilai dari tiap jenis kendaraan yang berbeda maka perlu dikonversikan ke dalam (satuan mobil penumpang (smp)). Nilai tersebut dapat ditentukan melalui tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai 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 m	> 6 m
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	0	1,3	0,50	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: MKJI, 1997

2.2.2 Kecepatan

Kecepatan kendaraan merupakan jarak yang dapat ditempuh dalam suatu waktu. Kecepatan dinyatakan dalam satuan kilometer per jam (km/jam). Pada umumnya kecepatan kendaraan dapat dibedakan menjadi:

1. Kecepatan Setempat (*Spot Speed*)

Kecepatan setempat (*spot speed*) adalah kecepatan sesaat di suatu bagian jalan tertentu pada jarak yang cukup pendek atau pada suatu titik tertentu. Kecepatan setempat dapat diukur menggunakan alat *speed gun* atau rumus berikut:

$$U_i = \frac{L}{t} \quad (2.1)$$

Dimana: U_i = Kecepatan setempat/*spot speed* (km/jam)

L = Panjang segmen (km)

t = Waktu tempuh kendaraan

2. Kecepatan Rata-rata Waktu (*Time Mean Speed*)

Kecepatan rata-rata waktu (*time mean speed*) merupakan rata-rata dari beberapa kecepatan setempat. Kecepatan rata-rata waktu dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$U_t = \frac{\sum U_i}{n} \quad (2.2)$$

Dimana: U_t = Kecepatan rata-rata waktu (km/jam)

U_i = Kecepatan setempat (km/jam)

n = Banyaknya data

3. Kecepatan Rata-rata Ruang (*Space Mean Speed*)

Kecepatan rata-rata ruang (*space mean speed*) dinyatakan sebagai jarak dibagi waktu rerata beberapa kendaraan. Adapun persamaan untuk menghitung kecepatan rata-rata ruang adalah sebagai berikut.

$$U_s = \frac{L}{\frac{1}{n} \sum t} \quad (2.3)$$

Dimana: U_s = Kecepatan rata-rata ruang (km/jam)
 L = Panjang segmen (km)
 n = Banyaknya data
 t = Waktu tempuh kendaraan

Kecepatana rata-rata ruang dapat juga ditentukan melalui kecepatan setempat dengan persamaan sebagai berikut.

$$U_s = \frac{n}{\sum \frac{1}{U_i}} \quad (2.4)$$

Dimana: U_s = Kecepatan rata-rata ruang (km/jam)
 U_i = Kecepatan setempat (km/jam)
 n = Banyaknya data
 t = Waktu tempuh kendaraan

2.2.3 Kerapatan

Kepadatan merupakan konsentrasi kendaraan di jalan. Kerapatan adalah banyaknya kendaraan yang terdapat pada suatu panjang jalan. Kerapatan dinyatakan sebagai kendaraan per km. Survei kerapatan dilakukan dengan menggunakan foto udara atau video dari tempat yang tinggi pada panjang jalan tertentu.

2.2 Karakteristik Jalan

Jalan perkotaan memiliki karakteristik yang dapat mempengaruhi kapasitas dan kinerja jalan. Perubahan pada kapasitas dan kinerja ruas jalan dapat terjadi apabila pada karakteristik jalan dibebani oleh lalu lintas. Adapun karakteristik jalan menurut MKJI 1997 adalah sebagai berikut.

1. Geometri

Perubahan pada geometri jalan akan berpengaruh terhadap kinerja ruas jalan. Tipe jalan pada jalan terbagi dan tak terbagi akan menunjukkan

kinerja yang berbeda, penambahan lebar lajur meningkatkan kapasitas dan kecepatan arus bebas. Penggunaan kereb sebagai batas antara jalur lalu-lintas dan trotoar berpengaruh terhadap dampak hambatan samping pada kapasitas dan kecepatan, Penggunaan bahu meningkatkan kapasitas, dan kecepatan pada arus tertentu, akibat penambahan lebar bahu.. Alinyemen jalan seperti lengkung horizontal dan tanjakan yang curam mengurangi kecepatan arus bebas.

2. Komposisi Arus dan Pemisahan Arah

Kapasitas jalan dua arah paling tinggi terdapat pada rasio pemisahan arah 50% - 50%, yaitu jika arus pada kedua arah adalah sama pada periode waktu yang dianalisa. Komposisi lalu lintas mempengaruhi hubungan kecepatan dengan arus, yaitu tergantung pada rasio sepeda motor atau kendaraan berat dalam arus lalu-lintas.

3. Pengaturan Lalu Lintas

Aturan lalu-lintas yang berpengaruh pada kinerja lalu lintas diantaranya pembatasan parkir dan berhenti sepanjang sisi jalan, pembatasan akses tipe kendaraan tertentu, pembatasan akses dari lahan samping jalan dan sebagainya.

4. Aktivitas Hambatan Samping

Banyak aktivitas di samping badan jalan seringkali menimbulkan konflik terhadap arus lalu-lintas. Hambatan samping yang terutama berpengaruh pada kapasitas dan kinerja jalan perkotaan adalah

- a. Pejalan kaki. (bobot: 0,5)
- b. Angkutan umum dan kendaraan lain berhenti. (bobot: 1,0)
- c. Kendaraan lambat (misalnya becak, kereta kuda). (bobot: 0,7)
- d. Kendaraan masuk dan keluar dari samping jalan. (bobot: 0,4)

Untuk menyederhanakan peranannya dalam prosedur perhitungan, tingkat hambatan samping telah dikelompokkan dalam lima kelas dari sangat rendah sampai sangat tinggi sebagai fungsi dari frekuensi kejadian hambatan samping sepanjang segmen jalan yang diamati.

Adapun penentuan kelas hambatan samping (SFC) melalui tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 Kelas Hambatan Samping untuk Jalan Perkotaan

Kelas Hambatan Samping (SFC)	Kode	Jumlah berbobot kejadian per 200 m per jam (dua sisi)	Kondisi
Sangat Rendah	VL	<100	Daerah pemukiman
Rendah	L	100 -299	Daerah pemukiman dengan beberapa kendaraan umum
Medium	M	300 – 499	Daerah industri dengan beberapa toko di sisi jalan
Tinggi	H	500 – 899	Daerah komersial, aktivitas sisi jalan tinggi
Sangat Tinggi	VH	>900	Daerah komersial dengan aktivitas pasar

Sumber: MKJI, 1997

5. Perilaku Pengemudi

Ukuran Indonesia serta keanekaragaman dan tingkat perkembangan daerah perkotaan menunjukkan bahwa perilaku pengemudi adalah beraneka ragam. Karakteristik ini dimasukkan dalam prosedur perhitungan secara tidak langsung, melalui ukuran kota. Kota yang lebih kecil menunjukkan perilaku pengemudi yang kurang gesit dan kendaraan yang kurang modern, menyebabkan kapasitas dan kecepatan lebih rendah pada arus tertentu, jika dibandingkan dengan kota yang lebih besar.

2.3 Ukuran Kinerja Ruas Jalan

Kinerja ruas jalan adalah kemampuan ruas jalan untuk melayani kebutuhan arus lalu lintas sesuai dengan fungsinya. Kinerja ruas jalan dapat diukur dan dibandingkan dengan standar tingkat pelayanan jalan. Menurut MKJI (1997), ukuran kinerja ruas jalan meliputi kapasitas (C), derajat kejenuhan (DS), kecepatan tempuh (V), kecepatan arus bebas (FV) dan waktu tempuh (TT).

2.3.1 Kecepatan Arus Bebas (FV)

Menurut MKJI (1997), Kecepatan arus bebas (FV) didefinisikan sebagai kecepatan pada tingkat arus nol. Kecepatan arus bebas merupakan kecepatan yang dipilih pengemudi jika mengendarai kendaraan bermotor tanpa dipengaruhi oleh kendaraan bermotor lain di jalan. Kecepatan arus bebas kendaraan ringan digunakan sebagai ukuran utama kinerja memiliki persamaan sebagai berikut.

$$FV = (FV_0 + FV_w) \times FFV_{SF} \times FFV_{CS} \quad (2.5)$$

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

FV_0 = Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan pada jalan yang diamati (km/jam)

FV_w = Penyesuaian lebar jalur lalu lintas efektif (km/jam)

FFV_{SF} = Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan/kereb

FFV_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota

1. Kecepatan Arus Bebas Dasar

Menurut MKJI (1997), kecepatan arus bebas dasar yaitu kecepatan arus bebas segmen jalan pada kondisi tertentu (geometri, pola arus lalu lintas

dan faktor lingkungan). Untuk menentukan kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan, dapat dilihat pada tabel 2.3 di bawah ini.

Tabel 2.3 Kecepatan Arus Bebas Dasar (FV_0)

Tipe Jalan	Kecepatan arus bebas dasar (FV_0) (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 UD)	53	46	43	51
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	44	40	40	42

Sumber: MKJI, 1997

2. Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas
 Penentuan faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas (FV_w) didasarkan pada lebar efektif jalur lalu lintas, dapat dilihat pada tabel 2.4 di bawah ini.

Tabel 2.4 Penyesuaian untuk 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
	4,00	4

Sumber: MKJI, 1997

Tabel 2.4 Penyesuaian untuk Pengaruh Lebar Jalur Lalu Lintas (FV_w) pada Kecepatan Arus Bebas Kendaraan Ringan (lanjutan)

Tipe jalan	Lebar jalur lalu lintas efektif (W_c) (m)	(FV_w) (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	Total	
	5	-9,5
	6	-3
	7	0
	8	3
	9	4
	10	6
	11	7

Sumber: MKJI, 1997

3. Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Hambatan Samping (FFV_{SF})

Penentuan faktor penyesuaian kecepatan arus bebas akibat hambatan samping pada jalan dengan bahu dapat dilihat pada tabel 2.5 di bawah ini.

Tabel 2.5 Faktor Penyesuaian untuk Pengaruh Hambatan Samping dan Lebar Bahu (FFV_{SF}) pada Kecepatan Arus Bebas Kendaraan Ringan

Tipe Jalan	Kelas hambatan samping	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

Sumber: MKJI, 1997

Tabel 2.5 Faktor Penyesuaian untuk Pengaruh Hambatan Samping dan Lebar Bahu (FFV_{SF}) pada Kecepatan Arus Bebas Kendaraan Ringan (lanjutan)

Tipe Jalan	Kelas hambatan samping	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 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: MKJI, 1997

4. Adapun Penentuan faktor penyesuaian kecepatan arus bebas akibat hambatan samping pada jalan dengan kereb dapat dilihat pada tabel 2.6 di bawah ini.

Tabel 2.6 Faktor Penyesuaian untuk Pengaruh Hambatan Samping dan Jarak Kereb-Penghalang (FFV_{SF}) pada Kecepatan Arus Bebas Kendaraan Ringan

Tipe Jalan	Kelas hambatan samping	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
	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

Sumber: MKJI, 1997

Tabel 2.6 Faktor Penyesuaian Pengaruh Hambatan Samping dan Jarak Kereb-Penghalang (FFV_{SF}) pada Kecepatan Arus Bebas Kendaraan Ringan (lanjutan)

Tipe Jalan	Kelas hambatan samping	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
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	0,95
	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: MKJI, 1997

5. Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas untuk Ukuran Kota

Penentuan faktor penyesuaian kecepatan arus bebas untuk ukuran kota (FFV_{CS}), dapat dilihat pada tabel 2.7 di bawah ini.

Tabel 2.7 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota pada Kecepatan Arus Bebas Kendaraan Ringan (FFV_{CS}) Jalan Perkotaan

Ukuran Kota (Juta Orang)	Factor Ukuran Kota (FV_{CS})
$< 0,1$	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

2.3.2 Kapasitas (C)

Berdasarkan MKJI (1997), kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum yang dapat dipertahankan per satuan waktu yang melewati suatu titik jalan dalam kondisi tertentu. Kapasitas dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS} \quad (2.6)$$

Dimana: C = Kapasitas (smp/jam)

C_0 = Kapasitas dasar (smp/jam)

- FC_W = Faktor penyesuaian lebar jalan
 FC_{SP} = Faktor penyesuaian pemisah arah (untuk jalan tak terbagi)
 FC_{SF} = Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan/kereb
 FC_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota

1. Kapasitas Dasar

Menurut MKJI (1997), Kapasitas dasar yaitu kapasitas segmen jalan pada kondisi geometrik, pola arus lalu lintas, dan faktor lingkungan yang ditentukan sebelumnya. Kapasitas dasar dapat ditentukan melalui tabel 2.8 di bawah ini.

Tabel 2.8 Kapasitas Dasar Jalan Perkotaan (C_0)

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: MKJI, 1997

2. Faktor penyesuaian kapasitas untuk lebar jalur lalu lintas (FC_W)

Penentuan faktor penyesuaian kapasitas untuk lebar jalur lalu lintas untuk jalan perkotaan (W_C), dapat dilihat pada tabel 2.9 di bawah ini.

Tabel 2.9 Penyesuaian Kapasitas untuk Pengaruh Lebar Jalur Lalu Lintas (FC_W)

Tipe Jalan	Lebar Jalan Efektif	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
	4,00	1,08

Sumber: MKJI, 1997

Tabel 2.9 Penyesuaian Kapasitas untuk Pengaruh Lebar Jalur Lalu Lintas (FC_w)
(lanjutan)

Tipe Jalan	Lebar Jalan Efektif	FC_w
Empat lajur tak terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,95
	3,50	1,00
	3,75	1,05
	4,00	1,09
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 penyesuaian kapasitas untuk lebar jalur lalu lintas (FC_w)

Untuk menentukan faktor penyesuaian kapasitas untuk hambatan samping berdasarkan lebar bahu efektif (W_s) dan kelas hambatan samping (SFC), dapat dilihat pada tabel 2.10 di bawah ini.

Tabel 2.10 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Pengaruh Hambatan Samping dan Lebar Bahu (FC_{SF})

Tipe Jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu (FC_{SF})			
		Lebar bahu efektif W_s			
		$\leq 0,5$	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

Sumber: MKJI, 1997

Tabel 2.10 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Pengaruh Hambatan Samping dan Lebar Bahu (FC_{SF}) (lanjutan)

Tipe Jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu (FC_{SF})			
		Lebar bahu efektif W_s			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
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: MKJI, 1997

4. Adapun penentuan faktor penyesuaian untuk kapasitas untuk hambatan samping berdasarkan jarak antara kereb dan penghalang pada trotoar dan kelas hambatan samping, dapat dilihat pada tabel 2.11 di bawah ini.

Tabel 2.11 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Pengaruh Hambatan Samping dan Jarak Kereb Penghalang (FC_{SF})

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor Penyesuaian 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

Sumber: MKJI, 1997

Tabel 2.11 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Pengaruh Hambatan Samping dan Jarak Kereb Penghalang (FC_{SF}) (lanjutan)

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor Penyesuaian Hambatan Samping dan jarak kereb – penghalang (FC_{SF})			
		Jarak kereb – penghalang W_K			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
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: MKJI, 1997

5. Faktor penyesuaian kapasitas akibat pemisah arah (FC_{SP})

Penentuan faktor penyesuaian kapasitas akibat pemisah arah dapat dilihat melalui tabel 2.12 di bawah ini.

Tabel 2.12 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Pemisah Arah (FC_{SP})

Split 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: MKJI, 1997

6. Faktor penyesuaian kapasitas untuk ukuran kota (FC_{CS})

Penentuan faktor penyesuaian kapasitas untuk ukuran kota dapat dilihat melalui tabel 2.13 di bawah ini.

Tabel 2.13 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Ukuran Kota (FC_{CS}) pada Jalan Perkotaan

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: MKJI, 1997

2.3.3 Derajat Kejenuhan (DS)

Berdasarkan MKJI (1997), derajat kejenuhan didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja suatu ruas jalan. Nilai derajat kejenuhan ini menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak.. Derajat kejenuhan dapat dihitung dengan rumus:

$$DS = \frac{Q}{C} \quad (2.7)$$

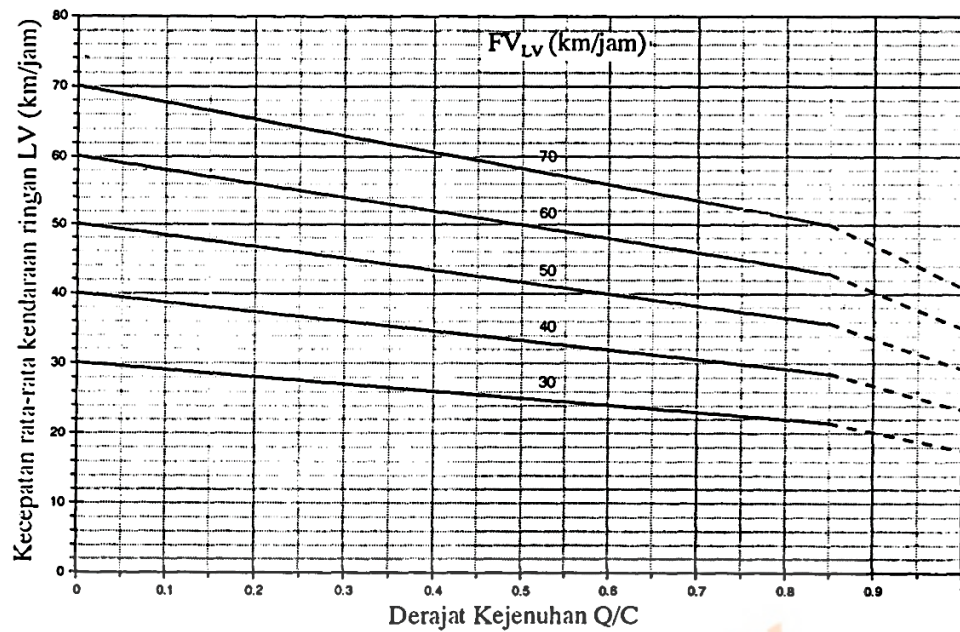
Dimana: DS = Derajat Kejenuhan
 Q = Arus total (smp/jam)
 C = Kapasitas (smp/jam)

2.3.4 Kecepatan Tempuh (V)

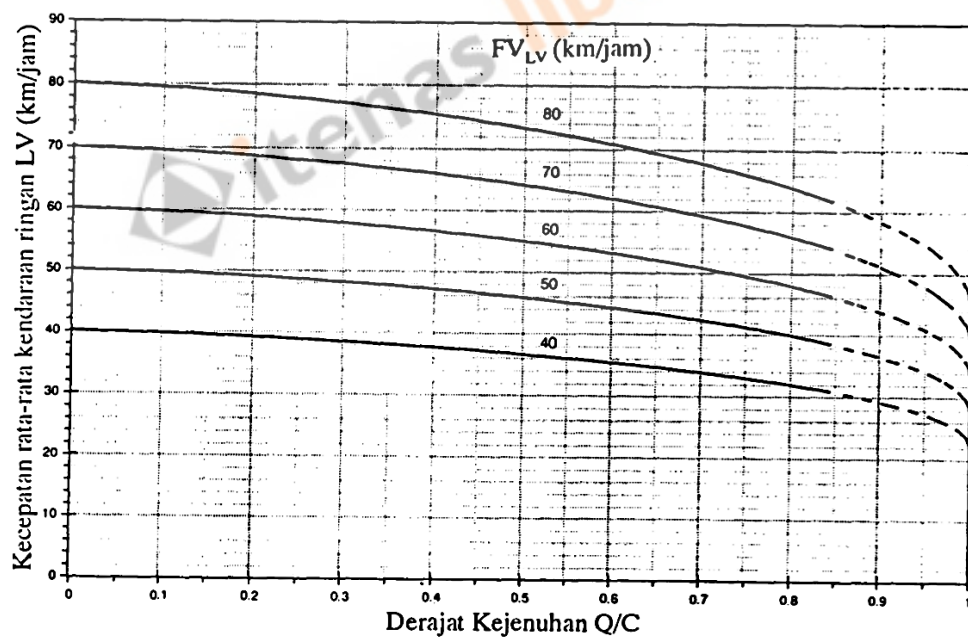
MKJI (1997) menggunakan kecepatan tempuh sebagai ukuran kinerja jalan. Kecepatan tempuh didefinisikan sebagai kecepatan rata-rata ruang dari kendaraan ringan. Nilai kecepatan rata-rata ruang dipengaruhi oleh derajat kejenuhan dan kecepatan arus bebas. Hubungan tersebut dapat ditunjukkan melalui gambar 2.1 dan gambar 2.2. Hal ini dapat ditentukan melalui persamaan berikut.

$$V = \frac{L}{TT} \quad (2.8)$$

Dimana: V = Kecepatan rata-rata ruang LV (km/jam)
 L = Panjang segmen (km)
 TT = Waktu tempuh rata-rata LV sepanjang segmen (jam)



Gambar 2.1 Grafik Kecepatan Sebagai Fungsi dari DS untuk Jalan 2/2 UD



Gambar 2.2 Grafik Kecepatan Sebagai Fungsi dari DS untuk Jalan Banyak Lajur dan Satu Arah

2.4 Software PTV Vissim

Model Mikrosimulasi merupakan suatu bentuk tiruan yang mampu menggambarkan kondisi pada kenyataan secara spesifik. Penelitian ini menggunakan model mikrosimulasi berupa sebuah software untuk menyelesaikan masalah yang ada. Software yang digunakan adalah Vissim (*Verkehr In Städten – SIMulationsmodell* yang berarti model simulasi lalu lintas di kota) yang dikembangkan oleh PTV (*Planung Transport Verkehr*) di Karlsruhe, Jerman. Software Vissim mampu mensimulasikan pergerakan lalu lintas dengan beberapa pengaturan seperti konfigurasi jalur, komposisi kendaraan, sinyal lalu lintas, pemberhentian, dll. Sehingga menjadikannya alat yang berguna untuk melakukan analisis terhadap kinerja lalu lintas. Dengan demikian, aliran pejalan kaki juga dapat dimodelkan, baik secara eksklusif atau dikombinasikan dengan lalu lintas pribadi dan/atau angkutan umum.

2.4.1 Kebutuhan Data

Dalam proses penggunaan Vissim untuk melakukan simulasi lalu lintas, dibutuhkan beberapa data masukan (input). Data tersebut akan digunakan dan diolah menjadi suatu model simulasi dan akan dianalisis melalui program Vissim. Data-data yang dibutuhkan di antara lain:

1. Data geometri: berisikan data segmen ruas jalan berupa panjang segmen, jumlah lajur, lebar bahu, lebar median, tinggi median, jumlah jalur dll.
2. Data lalu lintas (*traffic*): berupa kecepatan kendaraan, volume lalu lintas per tiap satuan waktu.
3. Karakteristik kendaraan: berupa komposisi kendaraan, jenis kendaraan seperti mobil penumpang, truk, trailer, bus, dll.

2.4.2 Elemen Pemodelan

Software Vissim menyediakan berbagai elemen yang digunakan untuk membuat suatu model. Penggunaannya dapat berupa pembuatan jaringan jalan,

pengaturan rute pergerakan lalu lintas, komposisi arus hingga perilaku berkendara. Adapun elemen yang digunakan untuk melakukan simulasi lalu lintas pada program Vissim adalah sebagai berikut.

1. *Background*, merupakan latar pada sebuah model, berdasarkan lokasi yang dipilih.
2. *Link*, digunakan untuk memasukkan data geometrik seperti lebar lajur, jumlah lajur dsb.
3. *Parking Lot*, digunakan untuk mengatur kendaraan parkir.
4. *Routes*, digunakan untuk mengatur rute perjalanan kendaraan, parkir dan rute pejalan kaki.
5. *2D/3D Model*, digunakan untuk menentukan model 2D dan 3D untuk kendaraan dan pejalan kaki.
6. *Distribution*, merupakan pengaturan distribusi untuk kecepatan yang diinginkan dan model 2D/3D.
7. *Vehicle Types*, digunakan untuk menggabungkan kendaraan dengan karakteristik mengemudi teknis serupa di jenis kendaraan.
8. *Vehicle Composition*, digunakan untuk menentukan komposisi setiap jenis kendaraan pada ruas jalan.
9. *Time Interval*, digunakan untuk mengatur interval waktu.
10. *Vehicle Input*, digunakan untuk memasukkan volume kendaraan pada ruas jalan.
11. *Pedestrian Input*, digunakan untuk memasukkan jumlah pejalan kaki.
12. *Data Collection Point*, Menentukan titik pengambilan data untuk jumlah kendaraan, kecepatan dll,
13. *Driving Behavior*, digunakan untuk mengatur perilaku berkendara pada lalu lintas.

2.4.3 Kalibrasi Pemodelan

Menurut Irawan (2015), *Driving Behavior* merupakan sifat individu yang kemungkinan terjadi di lapangan karena adanya interaksi dengan faktor lainnya

seperti jarak kendaraan, percepatan, perlambatan, serta aturan lalu lintas yang ada. Adapun Vissim mengatur perilaku pengendara sebagai berikut.

1. *Car Following Model*

Model ini dikembangkan oleh Prof. Rainer Wiedemann di *Karlsruhe Institute of Technology* pada tahun 1974 (Wiedemann74) yang mendeskripsikan pergerakan lalu lintas pada sebuah lajur. Model ini digunakan untuk lalu lintas perkotaan. Adapun Wiedemann 74 mengelompokkan *driving behavior* sebagai berikut.

- a. *Free driving*, mensimulasikan pengendara untuk berkendara pada kondisi arus bebas.
- b. *Approaching*, mensimulasikan pengendara menyadari ada kendaraan lambat di hadapannya dimana terjadi penurunan kecepatan kendaraan sehingga memberikan jarak antara kendaraan.
- c. *Following*, mensimulasikan berkendara pada kondisi arus tidak bebas sehingga pengendara berusaha menjaga jarak antara dan bersifat mengikuti kendaraan di depannya.
- d. *Braking*, mensimulasikan pengendara untuk melakukan pengereman

2. *Lane Change Behavior*

Vissim membedakan perilaku berkendara dalam melakukan perubahan lajur. *Lane change behavior* mensimulasikan perilaku pengendara dalam berkendara untuk memilih/merubah lajur untuk meminimalkan jarak dan waktu.

3. *Lateral Behavior*

Perilaku ini mensimulasikan pengendara memilih posisi berkendara dalam suatu lajur dan memungkinkan untuk menyalip kendaraan lain dalam lajur yang sama.

Kalibrasi pada *Driving Behavior* diperlukan untuk dapat menyesuaikan pemodelan dengan kondisi lapangan. Adapun parameter yang digunakan untuk kalibrasi pada *driving behavior* adalah sebagai berikut.

1. *Average standstill distance*, jarak rata-rata yang diinginkan antara dua kendaraan.
2. *Additive part of safety distance*, Koefisien penambah jarak aman.
3. *Multiplicative part of safety distance*, Koefisien pengali jarak aman.
4. *Desired position at free flow*, posisi kendaraan pada suatu lajur pada saat arus bebas.
5. *Overtake on the same lane*, kendaraan dapat menyalip dalam satu lajur baik ke kiri maupun kanan.
6. *Minimum lateral distance*, jarak minimum antar kendaraan saat menyalip dan menjaga jarak ke kendaraan lain.

2.4.4 Validasi Vissim

Validasi berguna untuk menguji kebenaran kalibrasi yang telah dilakukan. Dalam hal ini perlu adanya uji validasi terhadap volume kendaraan pada Vissim untuk memastikan apakah hasil simulasi mampu merepresentasikan kondisi lapangan. Adapun metode yang digunakan adalah dengan menggunakan rumus Geoffrey E. Havers (GEH) yaitu membandingkan volume kendaraan hasil pemodelan dengan data survei di lapangan.

$$GEH = \sqrt{\frac{(q_{\text{simulasi}} - q_{\text{pengamatan}})^2}{0,5 \times (q_{\text{simulasi}} + q_{\text{pengamatan}})}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana: q_{simulasi} = Data volume kendaraan dari hasil keluaran pemodelan (kend/jam)

$q_{\text{pengamatan}}$ = Data volume kendaraan dari hasil survei di lapangan (kend/jam)

Tabel 2.14 Ketentuan nilai validasi GEH

Nilai GEH	Keterangan
$GEH < 5,0$	Diterima
$5,0 \leq GEH \leq 10,0$	Kemungkinan model error atau data buruk
$GEH > 10,0$	Ditolak

2.5 Pengujian Hipotesis

Hipotesis adalah suatu anggapan atau pernyataan yang mungkin benar dan mungkin juga tidak benar tentang suatu populasi. Dengan menggunakan uji hipotesis, peneliti dapat menguji berbagai teori yang berhubungan dengan masalah-masalah yang sedang diteliti. Pada penelitian ini hipotesis yang digunakan bersifat dua arah yaitu untuk melakukan perbandingan terhadap ada atau tidaknya perbedaan rata-rata antara dua kelompok data. Pengujian ini dilakukan pada dua kelompok data dari populasi yang berbeda dimana hasil dari metode MKJI 1997 dan pemodelan Vissim dibandingkan dengan hasil observasi lapangan Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$Z = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_1}}} \quad (2.10)$$

Dimana: z = Nilai z-hitung
 \bar{x}_1 = Rata-rata kelompok data pertama
 \bar{x}_2 = Rata-rata kelompok data kedua
 σ_1^2 = Variansi dari kelompok data pertama
 σ_2^2 = Variansi dari kelompok data kedua
 n = jumlah sampel

Variansi dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut.

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n - 1)} \quad (2.11)$$

Dimana: σ^2 = Variansi
 x = Nilai data
 \bar{x} = Rata-rata nilai dari kelompok data
 n = jumlah sampel

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini mendapatkan referensi dari penelitian sebelumnya terkait evaluasi kinerja ruas jalan menggunakan Vissim. Adapun penelitian sebelumnya adalah sebagai berikut.

Tabel 2.15 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul	Hasil
1	Ahmad Munawar dan Ibnu A. Winnetou	Penggunaan Software Vissim untuk Evaluasi Hitungan MKJI 1997 Kinerja Ruas Jalan Perkotaan (Studi Kasus: Jalan Affandi, Yogyakarta)	Software Vissim mampu memberikan hasil yang berbeda dengan melakukan kali trial & error kalibrasi driving behavior sehingga mampu mensimulasikan kondisi transportasi di berbagai tempat. Kecepatan yang dihasilkan Vissim tidak terdapat perbedaan signifikan dengan lapangan, sebaliknya pada MKJI 1997 terdapat perbedaan signifikan dengan kecepatan lapangan.
2	Hasmar Halim, Ismail Mustari, dan Aisyah Zakariah	Analisis Kinerja Operasional Ruas Jalan Satu Arah dengan Menggunakan Mikrosimulasi Vissim (Studi Kasus: Jalan Masjid Rayadi Kota Makassar)	Karakteristik lalu lintas pada setiap ruas Jalan Masjid Raya diketahui volume lalu lintas berturut-turut sebesar 4619 kend/jam, 5017 kend/ jam, 6811 kend/jam dan sebesar 7780 kend/jam serta kecepatan rata-rata yang terjadi pada ruas jalan ini sebesar 28,37 km/jam, 27,08 km/jam, 28,04 km/jam dan 31,04 km/jam pada waktu pagi, siang sore dan malamhari. Berdasarkan kecepatan rata-rat kendaraan, tingkat pelayanan didominasi nilai D