

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Jalan Perkotaan

Segmen jalan perkotaan atau semi perkotaan mempunyai perkembangan secara permanen dan menerus sepanjang seluruh atau hampir seluruh jalan, minimum pada satu sisi jalan, berupa perkembangan lahan atau bukan. Jalan di atau dekat perkotaan dengan penduduk lebih dari 100.000 orang digolongkan dalam kelompok jalan perkotaan. Jalan di daerah perkotaan dengan penduduk kurang dari 100.000 orang juga digolongkan dalam kelompok jalan perkotaan jika mempunyai perkembangan samping jalan yang permanen dan menerus [1].

Ada beberapa tipe jalan untuk jalan perkotaan yang digunakan [1], antara lain:

1. Jalan dua-lajur dua-arah tak terbagi (2/2 UD)
2. Dua-lajur satu-arah (2/1)
3. Jalan empat-lajur dua-arah tak-terbagi (4/2 UD)
4. Empat-lajur dua-arah terbagi (4/2 D)
5. Enam-lajur dua-arah terbagi (6/2 D)

Karakteristik utama jalan yang akan mempengaruhi kapasitas dan kinerja jalan jika jalan tersebut dibebani arus lalu lintas. Karakteristik jalan tersebut menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 antara lain [1]: geometrik jalan, karakteristik arus lalu lintas jalan, dan aktivitas samping jalan.

Karakteristik geometrik

1. Jalan dua-lajur dua-arah

Tipe jalan ini meliputi semua jalan perkotaan dua-lajur dua-arah (2/2 UD) dengan lebar jalur lalu lintas lebih kecil dari dan sama dengan 10,5 meter. Untuk jalan dua arah yang lebih lebar dari 11 meter, jalan sesungguhnya selama beroperasi pada kondisi arus tinggi sebaiknya diamati sebagai dasar pemilihan prosedur perhitungan jalan perkotaan dua-lajur atau empat-lajur tak-terbagi.

Kondisi dasar tipe jalan ini didefinisikan sebagai berikut:

- a). Lebar lajur lalu lintas tujuh meter
 - b). Lebar bahu efektif paling sedikit 2 m pada setiap sisi
 - c). Tidak ada median
 - d). Pemisah arah lalu lintas 50 – 50
 - e). Hambatan samping rendah
 - f). Ukuran kota 1,0 – 3,0 juta
 - g). Tipe alinyemen datar.
2. Jalan empat-lajur dua-arah
- Tipe jalan ini meliputi semua jalan dua-arah dengan lebar jalur lalu lintas lebih dari 10,5 meter dan kurang dari 16,0 meter.
- a). Jalan empat-lajur terbagi (4/2 D)
- kondisi dasar tipe jalan ini didefinisikan sebagai berikut:
- 1). Lebar lajur 3,5 m (lebar jalur lalu-lintas total 14,0 m)
 - 2). Kereb (tanpa bahu)
 - 3). Jarak antara kereb dengan penghalang terdekat pada trotoar lebih besar sama dengan 2 m
 - 4). Median
 - 5). Pemisahan arah lalu lintas 50 – 50
 - 6). Hambatan samping rendah
 - 7). Ukuran kota 1,0 – 3,0 juta
 - 8). Tipe alinyemen datar.
- b). Jalan empat-lajur tak-terbagi (4/2 UD)
- kondisi dasar tipe jalan ini didefinisikan sebagai berikut:
- 1). Lebar lajur 3,5 m (lebar jalur lalu lintas total 14,0 m)
 - 2). Kereb (tanpa bahu)
 - 3). Jarak antara kereb dan penghalang terdekat pada trotoar lebih besar sama dengan 2 m
 - 4). Tidak ada median
 - 5). Pemisah arah lalu lintas 50 – 50
 - 6). Hambatan samping rendah
 - 7). Ukuran kota 1,0 – 3,0 juta
 - 8). Tipe alinyemen datar.

3. Jalan enam-lajur dua-arah terbagi

Tipe jalan ini meliputi semua jalan dua-arah dengan lebar jalur lalu-lintas lebih dari 18 meter dan kurang dari 24 meter.

Kondisi dasar tipe jalan ini didefinisikan sebagai berikut:

- a). Lebar lajur 3,5 m (lebar jalur lalu lintas total 21,0 m)
- b). Kereb (tanpa bahu)
- c). Jarak antara kereb dan penghalang terdekat pada trotoar lebih besar sama dengan 2 m
- d). Median
- e). Pemisah arah lalu lintas 50 – 50
- f). Hambatan samping rendah
- g). Ukuran kota 1,0 – 3,0 juta
- h). Tipe alinyemen datar.

4. Jalan satu-arah

Tipe jalan ini meliputi semua jalan satu-arah dengan lebar jalur lalu-lintas dari 5,0 meter sampai dengan 10,5 meter.

Kondisi dasar tipe jalan ini, dari mana kecepatan arus bebas dasar dan kapasitas ditentukan didefinisikan sebagai berikut:

- a). Lebar jalur lalu lintas tujuh meter
- b). Lebar bahu efektif paling sedikit 2 m pada setiap sisi
- c). Tidak ada median
- d). Hambatan samping rendah
- e). Ukuran kota 1,0 – 3,0 juta
- f). Tipe alinyemen datar.

2.2 Metode Pengamatan Volume, Kecepatan dan Hambatan Samping

2.2.1 Metode Pengamatan Volume Lalu Lintas

Pada penelitian ini pengukuran volume lalu lintas dilakukan dengan metode pos pengamat tetap yakni dengan cara pengamat berada di pos pengamat yang telah ditentukan. Setiap orang dalam pos pengamat menghitung kendaraan yang lewat di depan pos yang telah ditentukan dan mengklasifikasikan jenis kendaraan sesuai dengan klasifikasi kendaraan yang diperlukan setiap interval waktu 15 menit.

2.2.2 Metode Pengamatan Kecepatan Lalu Lintas

2.2.2.1 Pelaksanaan Survey Kecepatan Sesaat (Spot Speed)

Untuk survey spot speed dilakukan dengan cara manual, yang pertama dilakukan adalah memberi tanda untuk titik pengamatan sepanjang 60 meter dengan lakban. Kemudian menempatkan satu orang surveyor pada masing-masing ujung dari titik pengamatan. Satu orang surveyor memberi tanda pada saat kendaraan masuk ke titik pengamatan, sedangkan satu orang surveyor yang lain mencatat waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk melintasi titik pengamatan sepanjang 60 meter. Pada penelitian ini survey kendaraan yang akan diambil adalah sepeda motor (MC) sebanyak 10 sampel, kendaraan ringan (LV) sebanyak 12 sampel dan kendaraan berat (HV) sebanyak 5 sampel.

2.2.2.2 Pelaksanaan Survey Kecepatan Perjalanan (Journey Speed)

Kecepatan perjalanan diukur dengan metode Survei Plat Nomor Kendaraan yakni dengan menempatkan 1 orang surveyor pada titik awal dan titik akhir lokasi survei untuk mencatat plat nomor kendaraan yang masuk dan keluar dari lokasi penelitian. Setelah selesai, plat nomor kendaraan dicocokkan untuk mencari waktu tempuh kendaraan pada lokasi survei. Sampel yang diambil pada metode ini adalah 10 sampel untuk sepeda motor (MC), 10 sampel untuk kendaraan ringan (LV) dan 5 sampel untuk kendaraan berat (HV).

2.2.3 Survey Hambatan Samping

Survey hambatan samping dilakukan bersamaan dengan survey volume lalu lintas serta survey kecepatan, bertepatan dengan itu pengamat mencatat hambatan-hambatan samping yang terjadi pada jalan Timor Raya dengan interval waktu yang sama yaitu interval

waktu pengamatan 15 menit. Bagian-bagian yang diamati yaitu mulai dari parkir pada bagian ruko - ruko pertokoan, pejalan kaki, serta penyeberang jalan yang berada disekitaran jalan Timor Raya, Kendaraan Lambat dan Kendaraan yang keluar dan masuk pada pertigaan yang ada sepanjang jalan Timor Raya dari lampu merah Oesapa sampai simpang tiga jalan Prof. Dr. Herman Johanes.

2.3 Kinerja Jalan Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997

Tingkat kinerja jalan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 adalah ukuran kuantitatif yang menerangkan kondisi operasional. Nilai kuantitatif dinyatakan dalam kapasitas, derajat kejenuhan, derajat iringan, kecepatan rata-rata, waktu tempuh, tundaan, dan rasio kendaraan berhenti. Ukuran kualitatif yang menerangkan kondisi operasional dalam arus lalu lintas dan persepsi pengemudi tentang kualitas berkendara dinyatakan dengan tingkat pelayanan jalan.

Suatu ruas jalan tidak dipengaruhi oleh simpangan bersinyal utama serta mempunyai kondisi yang hampir sama sepanjang jalan [1]. Permasalahan arus lalu lintas hanya terjadi pada jalan utama, khususnya jalan arteri dan kolektor. Pada jalan utama ini arus lalu lintas pada umumnya besar sedangkan pada jalan lokal arus lalu lintas pada umumnya rendah. Parameter yang digunakan untuk menganalisis tingkat pelayanan jalan raya ruas jalan dapat di jelaskan sebagai berikut:

2.3.1 Lalu Lintas

Lalu lintas dan angkutan jalan memiliki peranan yang sangat penting dan strategis sehingga penyelenggaraannya di kuasai oleh negara, dan pembinaannya dilakukan oleh pemerintah dengan tujuan untuk mewujudkan lalu lintas dan angkutan jalan yang aman, cepat, lancar, tertib dan teratur, nyaman dan efisien, maupun memudahkan transportasi lainnya, menjangkau seluruh pelosok wilayah daratan, untuk menjangkau pemerataan, pertumbuhan, dan stabilitas sebagai pendorong, penggerak dan penunjang pembangunan nasional dengan biaya yang terjangkau oleh daya beli masyarakat.

Pembinaan di bidang lalu lintas jalan yang meliputi aspek-aspek pengaturan, pengendalian dan pengawasan lalu lintas harus di tunjukan untuk keselamatan, keamanan, ketertiban, kelancaran lalu lintas. Disamping itu, dalam melakukan pembinaan lalu lintas jalan

juga harus di perhatikan aspek kepentingan umum atau masyarakat pemakai jalan, kelestarian lingkungan, tata ruang, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Ketentuan-ketentuan mengenai prasarana lalu lintas yang meliputi antara lain kelas-kelas jalan, jaringan lintas angkutan barang, terminal penumpang, fasilitas pejalan kaki, penyeberangan orang, parkir, rambu-rambu, marka semuanya itu penting dalam menyelenggarakan lalu lintas dan angkutan jalan yang berdaya guna dan berhasil guna serta dalam rangka memberikan perlindungan keselamatan, keamanan, kemudahan, serta kenyamanan bagi para pemakai jalan.

2.3.2 Karakteristik Arus Lalu Lintas

Pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 [1], nilai arus lalu lintas mencerminkan komposisi lalu lintas, dengan menyatakan arus dalam satuan mobil penumpang (smp) dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang (emp) yang secara umum untuk jenis kendaraan sebagai berikut:

- Kendaraan ringan (LV) meliputi: mobil penumpang, mini bus, mikrobis, dan pick-up.
- Kendaraan berat (HV) meliputi: bus, truc 2 as, truc 2 gandar atau lebih, bus besar.
- Sepeda motor (MC).
- Kendaraan ringan atau kendaraan tidak bermotor (UM), (smp = 0.80, sumber: IHCM, 1997).

Evalensi mobil penumpang untuk beberapa kondisi jalan perkotaan dapat di lihat di tabel berikut:

Tabel 2.1. Ekvivalen Mobil Penumpang Untuk Jalan Perkotaan Tak Terbagi.

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

Sumber: manual kapasitas jalan Indonesia 1997 (bab 5-38)

Tabel 2.2. Ekuivalen Mobil Penumpang Untuk Jalan Perkotaan Terbagi.

Tipe jalan: Jalan satu arah dan jalan terbagi	Arus lalu lintas perla- juar (kend/jam)	emp	
		HV	MC
Dua-lajur-satu-arah (2/1)	$0 \geq 1050$	1,3	0,40
Empat-lajur-terbagi (4/2 D)		1,2	0,25
Tiga-lajur-satu-arah (3/1)	$0 \geq 1100$	1,3	0,40
Enam-lajur-terbagi (6/2 D)		1,2	0,25

Sumber: manual kapasitas jalan Indonesia 1997 (bab 5-38)

2.3.3 Arus Lalu Lintas

Dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 [1] dinyatakan bahwa arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik jalur gerak untuk suatu satuan waktu, dimana arus lalu lintas tersebut merupakan jumlah kendaraan total jarak pada waktu tertentu. Jika arus lalu lintas lebih besar dari kapasitas jalan maka akan terjadi hambatan pada akhirnya terjadi penurunan tingkat pelayanan ruas jalan bersangkutan.

Semua nilai arus lalu lintas baik untuk satu arah dan dua arah harus diubah menjadi satuan mobil penumpang (smp) dengan menggunakan ekuivalensi mobil penumpang (emp) yaitu untuk kendaraan ringan, kendaraan berat, dan sepeda motor. Ekuivalen penumpang (emp) untuk masing-masing tipe kendaraan tergantung pada tipe jalan dan arus lalu lintas total yang dinyatakan dalam kendaraan/jam.

Untuk menghitung arus lalu lintas kendaraan bermotor digunakan rumus:

$$Q = [(emplv \times LV) + (emphv \times HV) + (empmc \times MC)] \dots\dots\dots (1)$$

Dengan:

Q = jumlah arus kendaraan dalam (smp/jam)

emplv = ekuivalen kendaraan ringan

LV = kendaraan ringan

emphv = ekuivalen kendaraan berat

HV = kendaraan berat

empmc = ekuivalen kendaraan sepeda motor

MC = sepeda motor

2.3.4 Kapasitas

Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum yang dapat dipertahankan persatuan jam yang melewati suatu titik di jalan dalam kondisi yang ada [1]. Kapasitas merupakan ukuran kinerja jalan pada kondisi yang bervariasi, dapat di tetapkan pada suatu lokasi tertentu atau pada suatu jaringan jalan yang sangat kompleks dan dinyatakan dengan satuan smp/jam. Kapasitas akan menjadi lebih tinggi apabila suatu jalan mempunyai kondisi yang lebih baik dari kondisi standar, sebaliknya bila suatu jalan kondisinya lebih buruk dari kondisi standar maka kapasitasnya akan menjadi lebih rendah.

Faktor-faktor yang berpengaruh pada kapasitas ruas jalan raya antara lain sebagai berikut. Persamaan dasar untuk menentukan kapasitas adalah sebagai berikut:

- a. Faktor jalan, meliputi: lebar lajur, bahu jalan, median, kondisi permukaan jalan, dan lain-lainnya.
- b. Faktor lalu lintas, meliputi: komposisi lalu lintas, arus lalu lintas, distribusi lajur, dan gangguan lalu lintas lainnya, adanya kendaraan tidak bermotor, gangguan hambatan samping, dan lainnya.
- c. Faktor lingkungan, meliputi: pejalan kaki, pengendara sepeda, dan sebagainya.

Kapasitas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp) persamaan untuk menentukan kapasitas ruas jalan adalah sebagai berikut:

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan:

C = kapasitas (smp/jam)

C_o = 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

FC_{cs} = faktor penyesuaian ukuran kota

Di bawah ini dilampirkan beberapa tabel yang mendukung perhitungan kapasitas jalan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 sebagai berikut:

Tabel 2.3. Kapasitas Dasar Jalan Perkotaan (Co).

Tipe jalan	Kapasitas dasar (smp/jam)	keterangan
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 Kapasita Jalan Indonesia (MKJI) 1997 (bab 5-50)

Tabel 2.4. Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Pemisah Arah (FCsp).

Pemisah arah SP %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FCsp	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 Kapasita Jalan Indonesia (MKJI) 1997 (bab 5-52)

Tabel 2.5. Faktor Koreksi Kapasitas Akibat Lebar Jalan (FCw).

Tipe jalan	Lebar lajur lalulintas efektif, (Wc) (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	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 Kapasita Jalan Indonesia (MKJI) 1997 (bab 5-51)

Tabel 2.6. Klasifikasi Gangguan Samping.

Jumlah bobot kejadian per 200 m per jam (dua sisi)	Kondisi khusus	Kelas hambatan sampung	
<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 di sisi jalan	Sedang	M
500 – 899	Daerah niaga dengan aktifitas sisi jalan yang tinggi	Tinggi	H
>900	Daerah niaga dengan aktifitas pasar disisi jalan	Sangat tinggi	HV

Sumber: Manual Kapasita Jalan Indonesia (MKJI) 1997 (bab 5-39)

Tabel 2.7. Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Ukuran Kota (FCcs).

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 Kapasita Jalan Indonesia (MKJI) 1997 (bab 5-55)

Tabel 2.8. Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Pengaruh Hambatan Sampung (FCsf) Jalan Perkotaan Dengan Bahu.

Tipe jalan	Kelas hambatan sampung	Faktor penyesuaian untuk hambatan sampung dan lebar bahu FCsf			
		Lebar bahu efektif Ws			
		≤ 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 Kapasita Jalan Indonesia (MKJI) 1997 (bab 5-53)

2.3.5 Kecepatan Arus Bebas (FV)

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. Persamaan untuk penentuan kecepatan arus bebas mempunyai bentuk umum sebagai berikut:

$$FV = (FVo + FVw) \times FFVsf \times FFVcs \dots\dots\dots (3)$$

Dengan:

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

FVo = kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan pada jalan yang diamati (km/jam)

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

FFVsf = faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu atau jarak kereb penghalang.

FFVcs = faktor penyesuaian kecepatan untuk ukuran kota.

Dibawa ini dilampirkan beberapa tabel yang mendukung perhitungan kecepatan arus bebas kendaraan ringan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 sebagai berikut:

Tabel 2.9. Kecepatan Arus Bebas Dasar (FVo) (km/jam).

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

Sumber: Manual Kapasita Jalan Indonesia (MKJI) 1997 (bab 5-44)

Tabel 2.10. Penyesuaian Untuk Pengaruh Lebar Jalur Lalu Lintas (FVw) pada kecepatan arus bebas kendaraan ringan, jalan perkotaan.

Tipe jalan	Lebar jalur lalu lintas efektif (Wc) (m)	FVw (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 Kapasita Jalan Indonesia (MKJI) 1997 (bab 5-45)

Tabel 2.11. Faktor penyesuaian untuk pengaruh hambatan samping dan jarak kereb-penghalang (FFVsf) pada kecepatan arus bebas kendaraan ringan untuk jalan perkotaan dengan bahu.

Tipe jalan	Kelas hambatan samping (SFC)	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu			
		Lebar bahu efektif rata-rata Ws (m)			
		≤ 05 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 Kapasita Jalan Indonesia (MKJI) 1997 (bab 5-46)

Tabel 2.12. 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 Kapasita Jalan Indonesia (MKJI) 1997 (bab 5-48)

2.3.6 Kecepatan Kendaraan

Kecepatan lalu lintas kendaraan didefinisikan sebagai perbandingan antara jarak yang ditempuh dengan waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak tersebut. Berdasarkan jenis waktu tempuh, kecepatan dapat dibedakan atas:

- Kecepatan setempat adalah kecepatan kendaraan pada suatu saat di ukur dari suatu tempat yang ditentukan.
- Kecepatan bergerak adalah perbandingan antara jumlah jarak yang ditempuh dengan waktu selama dalam keadaan bergerak.
- Kecepatan perjalanan adalah perbandingan antara jumlah jarak yang ditempuh dengan waktu perjalanan yang digunakan memenuhi jarak tertentu.

Kecepatan adalah sebagai rasio jarak yang dijalani dan waktu perjalanan. Hubungan yang ada adalah bisa di lihat dalam rumus berikut:

$$V = s/t \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

V = kecepatan perjalanan (m/s)

s = jarak perjalanan (m)

t = waktu perjalanan (s)

2.3.7 Hambatan Samping

Hambatan samping adalah dampak terhadap kinerja lalu lintas akibat kegiatan di sampingn atau sisi jalan [1]. Aktifitas samping jalan di Indonesia sering menimbulkan konflik, kadang-kadang besar pengaruhnya terhadap lalu lintas. Hambatan samping yang terutama berpengaruh pada kapasitas dan kinerja jalan perkotaan yang dimaksud adalah:

- a. Pejalan kaki
- b. Angkutan umum dan kendaraan lain berhenti
- c. Kendaraan lambat (misalnya becak, kereta kuda)
- d. Kendaraan masuk dan keluar dari lahan di samping jalan.

Tingkatan hambatan samping dikelompokkan dalam lima kelas, dari kelas rendah sampai kelas tinggi sebagai fungsi dan kejadian hambatan samping di sepanjang jalan yang diamati. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada faktor penentuan hambatan samping dalam menentukan suatu tingkat pelayanan jalan raya dapat di baca pada tabel di bawa ini:

Tabel 2.13. Penentuan Kelas Hambatan Samping.

Kelas hambatan samping (SFC)	kode	Jumlah berbobot kejadian per 200 m per jam (dua sisi)	Kondisi khusus
Sangat rendah	VL	< 100	Daerah pemukiman; jalan samping tersedia
Rendah	L	100 – 299	Daerah pemukiman; beberapa angkutan umum dan sebagainya.
Sedang	M	300 – 499	Daerah industri; beberapa toko sisi jalan
Tinggi	H	500 – 899	Daerah komersial; aktivitas sisi jalan tinggi
Sangat tinggi	VH	> 900	Daerah komersial; aktivitas pasar sisi jalan

Sumber: Manual Kapasita Jalan Indonesia (MKJI) 1997 (bab 5-10)

Setelah frekuensi hambatan samping diketahui, selanjutnya untuk mengetahui kelas hambatan samping dilakukan penentuan frekuensi bobot kejadian hambatan samping, yaitu dengan mengalikan total frekuensi hambatan samping dengan bobot relatif dari tipe kejadian hambatan samping tersebut yang akan menentukan kelas hambatan samping di ruas jalan tersebut.

Tabel 2.14. Bobot Hambatan Samping.

No.	Tipe kejadian hambatan samping	Simbol	Faktor bobot
1.	Pejalan kaki	PED	0,5
2.	Parkir, kendaraan berhenti	PSV	1,0
3.	Kendaraan masuk + keluar	EEV	0,7
4.	Kendaraan lambat	SMV	0,4

Sumber: Manual Kapasita Jalan Indonesia (MKJI) 1997 (bab 5-72)

2.3.8 Derajat Kejenuhan (Degree of saturation=DS)

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor utama dalam menentukan tingkat pelayanan ruas jalan yang diteliti, nilai derajat kejenuhan menunjukkan apakah ruas tersebut menunjukkan masalah

kapasitas atau tidak. Nilai derajat kejenuhan mempengaruhi tingkat pelayanan. Nilai derajat kejenuhan menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

Dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 nilai derajat kejenuhan dapat dihitung dengan rumus:

$$DS = Q_{smp}/C \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

DS = derajat kejenuhan

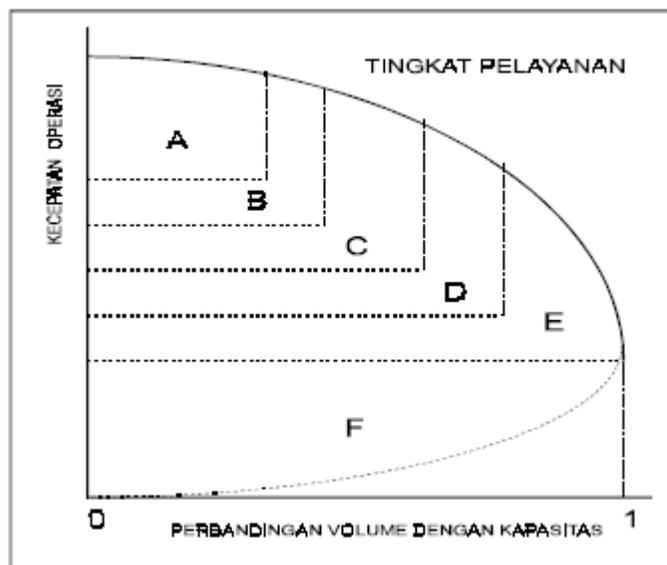
Q = arus lalu lintas (smp/jam)

C = kapasitas (smp/jam)

2.3.9 Tingkat Pelayanan Jalan

Terdapat dua definisi tentang tingkat pelayanan suatu ruas jalan yaitu tingkat pelayanan tergantung arus dan tergantung fasilitas jalan:

a. Tingkat pelayanan tergantung arus, tingkat pelayanan ini berkaitan dengan kecepatan operasi, yang tergantung pada perbandingan arus dengan kapasitas. Tingkat pelayanan yang berdasarkan arus lalu lintas mempunyai 6 buah tingkat pelayanan dan diilustrasikan pada gambar dibawah ini.

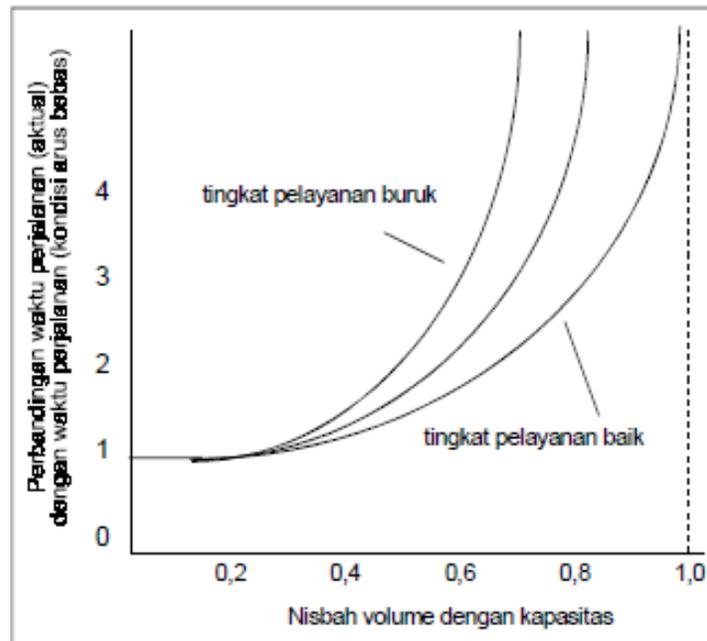


Gambar 2.1. Tingkat Pelayanan Jalan Tergantung Arus.
 Sumber: Ofyar Z Tamin, Perencanaan dan Pemodelan Transportasi

Keterangan:

1. Tingkat pelayanan A menunjukkan arus bebas, volume rendah dan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang dikehendaki.
2. Tingkat pelayanan B menunjukkan arus stabil, kecepatan dikontrol oleh lalu lintas, volume pelayanan yang dipakai untuk disain jalan keluar kota atau jalan antara kota.
3. Tingkat pelayanan C menunjukkan arus stabil, kecepatan dikontrol oleh lalu lintas, volume pelayanan yang dipakai untuk disain jalan perkotaan.
4. Tingkat pelayanan D menunjukkan mendekati arus tidak stabil atau arus mulai tidak stabil.
5. Tingkat pelayanan E menunjukkan arus yang tidak stabil, kecepatan rendah dan berbeda-beda, volume mendekati kapasitas.
6. Tingkat pelayanan F menunjukkan arus yang terhambat, kecepatan rendah, volume lebih besar dari pada kapasitas, menimbulkan antrian kendaraan yang lebih panjang.

b. Tingkat pelayanan tergantung fasilitas jalan, tingkat pelayanan ini tergantung pada fasilitas jalan, bukan arusnya. Jalan bebas hambatan mempunyai tingkat pelayanan yang tinggi, sedangkan jalan yang sempit mempunyai tingkat pelayanan yang rendah. Hal ini dapat diilustrasikan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.2. Hubungan Antara Nisbah Waktu Perjalanan (kondisi aktual/ arus bebas) dengan nisbah volume/kapasitas.

Sumber: Ofyar Z Tamin, Perencanaan dan Pemodelan Transportasi

Perbandingan tersebut dapat memberikan perbandingan yang jelas akan keberadaan fasilitas jalan yang menjadi pendukung aktivitas masyarakat. Semua sektor kegiatan yang berkaitan dengan fasilitas jalan akan mendapatkan keterangan akan bagaimana fungsi sebuah jalan. Berdasarkan gambar tersebut maka dapat kita gambarkan juga keterangan yang akan menjelaskan bagaimana level of service atau indeks tingkat pelayanan jalan (ITP) berdasarkan arus bebas dan tingkat kejenuhan lalu lintas. Tingkat pelayanan dinyatakan sebagai hubungan antara arus lalu lintas dan kapasitas jalan. Menentukan tingkat pelayanan terlebih dahulu dihitung besarnya tingkat pelayanan yang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Tingkat pelayanan (DS)} = Q/C \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:

Q = volume lalu lintas/ arus lalu lintas

C = kapasitas jalan

Level of service merupakan suatu ukuran kualitatif yang menggunakan kondisi operasi lalu lintas pada suatu potongan jalan. Dengan kata lain tingkat pelayanan jalan adalah ukuran yang menyatakan kualitas pelayanan yang disediakan oleh suatu jalan dalam kondisi tertentu. Nilai tingkat pelayanan jalan (level of service) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.15. Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat pelayanan	Derajat kejenuhan (V/C)	keterangan
A	0,00 – 0,20	Kondisi arus lalu lintas bebas antara satu kendaraan dengan kendaraan lainnya besarnya kecepatan sepenuhnya ditentukan oleh keinginan pengemudi sesuai batas yang ditentukan.
B	0,21 – 0,44	Kondisi arus lalu lintas stabil, kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kendaraan lainnya dan mulai dirasakan hambatan oleh kendaraan di sekitarnya.

Sumber: Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan.

Tabel 2.16. Tingkat Pelayanan Jalan.

Tingkat pelayanan	Derajat kejenuhan (V/C)	keterangan
C	0,45 – 0,74	Kondisi arus lalu lintas masi dalam batas stabil, kecepatan operasi mulai dibatasi dan hambatan dari kendaraan lain semakin besar.
D	0,75 – 0,84	Kondisi arus lalu lintas mendekati tidak stabil, kecepatan operasi menurun relatif cepat akibat hambatan yang timbul dan kebebasan bergerak relatif kecil
E	0,85 – 1,00	Arus lalu lintas sudah mendekati kapasitas ruang jalan, kecepatan kira-kira lebih rendah dari 40 km/jam. Pergerakan lalu lintas kadang terhambat.

Sumber: Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan.

Tabel 2.17. Tingkat Pelayanan Jalan.

Tingkat pelayanan	Derajat kejenuhan (V/C)	keterangan
F	> 1,00	Arus lalu lintas berada dalam keadaan dipaksakan, kecepatan relatif rendah arus lalu lintas sering berhenti sehingga menimbulkan antrian kendaraan yang lebih panjang.

Sumber: Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan.

2.4 Karakteristik Arus Lalu Lintas.

Arus lalu lintas di bentuk oleh pengendara dan kendaraan sehingga terjalin suatu interaksi antara kedua komponen tersebut dengan jalan dan lingkungan. Kendaraan yang memasuki suatu arus lalu lintas tidak mungkin berjalan secara seragam hal ini disebabkan oleh persepsi dan kemampuan individu pengemudi yang berbeda. Perbedaan ini umumnya disebabkan oleh karakteristik lokal dan kebiasaan pengemudi itu sendiri.

Dalam menggambarkan arus lalu lintas secara kuantitatif dalam angka tentunya diperlukan parameter-parameter untuk menggambarkan keragaman karakteristiknya dan rentan kondisi perilakunya. Parameter tersebut harus dapat didefinisikan dan diukur oleh insinyur lalu lintas dalam menganalisis, mengevaluasi dan melakukan perbaikan fasilitas lalu lintas berdasarkan parameter dan pengetahuan pelakunya (Oglesby C. H & Hicks R. G, 1998).

Berdasarkan hasil pengamatan, karakteristik pola pergerakan lalu lintas tersebut terdiri atas beberapa komponen-komponen lalu lintas yakni volume (Q), kecepatan (V) dan kepadatan (k). Karakteristik lalu lintas ini sangat perlu diketahui dan dipelajari karena sangat berguna dalam menganalisis arus lalu lintas pada suatu kondisi tertentu.

Hubungan matematis antara volume, kecepatan dan kepadatan ini dapat dinyatakan dalam sebuah persamaan yaitu:

$$Q = U_s \times D \dots\dots\dots(7)$$

Dimana:

Q = volume (kend/jam)

U_s = kecepatan (km/jam)

D = kepadatan (kend/km)

2.5 Parameter Lalu Lintas.

Dalam sistem transportasi, suatu ukuran yang menjadi tolak ukur dari kegiatan lalu lintas adalah parameter lalu lintas.

Parameter lalu lintas dapat digolongkan menjadi dua kategori, yaitu:

1. Parameter makroskopis, yang mencirikan arus lalu lintas sebagai suatu kesatuan (sistem), sehingga diperoleh gambaran operasional sistem secara keseluruhan. Contoh: Tingkat arus (Flow rates), Kecepatan rata-rata (Average Speed), Tingkat kepadatan (density rates).
2. Parameter mikroskopis, yang mencirikan perilaku setiap kendaraan dalam arus lalu lintas yang saling mempengaruhi.

Contoh: Waktu antara (Time headway), Kecepatan masing-masing (Individual speed), dan jarak antara (space headway).

Pada saat ini pembahasan tentang lalu lintas lebih sering dikonsentrasikan pada skala makroskopik yang variabel-variabelnya adalah volume, kecepatan dan kepadatan. Pembahasan tersebut telah mengalami banyak perkembangan dari konsep awalnya yakni bahwa elemen utama dari arus lalu lintas adalah komposisi atau karakteristik volume, asal tujuan, kualitas dan biaya. Pergeseran tersebut terjadi karena pada saat ini arus lalu lintas pada dasarnya hanya menggambarkan beberapa jenis kendaraan yang bergerak.

2.5.1 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah banyaknya kendaraan yang melewati suatu titik atau garis tertentu pada suatu penampang melintang jalan. Data pencacahan volume lalu lintas adalah informasi yang diperlukan untuk fase perencanaan, desain, manajemen sampai pengoperasian jalan (Sukirman, 1994).

Menurut Sukirman (1994), volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi suatu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Sehubungan dengan penentuan umlah dan lebar jalur, satuan volume lalu lintas yang umum dipergunakan adalah lalu lintas harian rata-rata, volume jam perencanaan dan kapasitas.

Adapun jenis kendaraan yang diamati dalam perhitungan ini adalah diklasifikasikan dalam 4 jenis yaitu:

1. Kendaraan ringan (Light Vehicle = LV)
Kendaraan bermotor beroda empat, dengan dua gandar berjarak 2,0 m – 3,0 m (meliputi: kendaraan penumpang, opelet, mikro bis, angkot, pick up dan truk kecil).
2. Kendaraan berat (Heavy vehicle = HV)
Kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,50 m, biasanya beroda lebih dari empat (meliputi: bis, truk dua as, truk tiga as, dan truk kombinasi sesuai klasifikasi Bina Marga).
3. Sepeda motor / Motor Cycle (MC)
Kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda (meliputi: sepeda motor, kendaraan roda tiga sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
4. Kendaraan tak bermotor / unmotorised (UM)
Kendaraan bertenaga manusia atau hewan diatas roda (meliputi: sepeda, becak, kereta kuda dan kereta dorong sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

Data jumlah kendaraan akan dihitung dalam kendaraan/jam untuk setiap kendaraan, dengan faktor koreksi masing-masing kendaraan yaitu: LV = 1,0; HV = 1,3; MC = 0,40. Untuk kendaraan tak bermotor dianggap sebagai hambatan samping.

Untuk mencari arus lalu lintas total dalam smp/jam adalah:

$$Q = [(em_{plv} \times LV) + (em_{phv} \times HV) + (em_{pmc} \times MC)] \dots\dots\dots (8)$$

Dengan:

Q = jumlah arus kendaraan dalam (smp/jam)

emplv = ekivalen kendaraan ringan

LV = kendaraan ringan

emphv = ekivalen kendaraan berat

HV = kendaraan berat

empmc = ekivalen kendaraan sepeda motor

MC = sepeda motor

Pada akhirnya hasil pemfaktoran satuan mobil penumpang (p) akan dimasukkan dalam rumus volume lalu lintas:

$$Q = P \times Qv \dots\dots\dots(9)$$

Dengan:

Q = volume kendaraan bermotor (smp/jam)

P = faktor satuan mobil penumpang

Qv = volume kendaraan bermotor (kendaraan per jam)

Secara umum dalam pembahasannya, volume akan dibagi kedalam volume harian (daily volumes) dan volume jam-an (hourly volumes).

2.5.1.1 Volume Harian (daily volumes)

Volume harian ini digunakan sebagai dasar perencanaan jalan dan observasi umum tentang trend pengukuran volume. Pengukuran volume harian ini dapat dibedakan:

1. Average Annual Daily Traffic (AADT), yakni volume yang diukur selama 24 jam dalam kurun waktu 365 hari, dengan demikian total kendaraan yang dibagi 365 hari.
2. Average Daily Traffic (ADT), yakni volume yang diukur selama 24 jam penuh dalam periode waktu tertentu yang dibagi dari banyaknya hari tersebut.

2.5.1.2 Volume Jam-an (hourly volumes)

Volume jam-an adalah suatu pengamatan terhadap arus lalu lintas untuk menentukan jam puncak selama periode pagi dan sore. Dari pengamatan tersebut dapat diketahui arus paling besar atau yang disebut arus pada jam puncak. Arus pada jam puncak ini yang kemudian akan dipakai sebagai dasar untuk mendesain jalan raya dan analisis operasi lainnya yang dipergunakan seperti untuk analisa keselamatan. Peak hour factor (PHF)

merupakan perbandingan volume lalu lintas per jam pada saat jam puncak dengan 4 kali rate of flow pada saat yang sama yaitu pada jam puncak.

$$PHF = \frac{\text{volume per jam}}{4 \times \text{volume maksimum dalam 15 menit}} \dots\dots\dots(10)$$

Rate factor of flow adalah nilai ekuivalen dari volume lalu lintas per jam, dihitung dari jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu pada suatu lajur atau segmen jalan selama interval waktu kurang dari satu jam.

2.5.2 Kecepatan Lalu Lintas

Menurut **Hobbs**, kecepatan adalah laju perjalanan yang besarnya dinyatakan dalam kilometer per jam (km/jam) dan umumnya dibagi dalam tiga jenis yakni:

1. Kecepatan setempat (spot speed)

Kecepatan setempat adalah kecepatan kendaraan yang diukur pada suatu tempat yang ditentukan. Dalam suatu aliran lalu lintas yang bergerak setiap kendaraan mempunyai kecepatan yang berbeda sehingga aliran lalu lintas tidak mempunyai sifat kecepatan yang tunggal akan tetapi dalam bentuk distribusi kecepatan kendaraan secara diskrit, suatu nilai rata-rata atau tipikal digunakan untuk mengidentifikasi aliran lalu lintas secara menyeluruh. Ada dua jenis analisis kecepatan yang dipakai pada studi kecepatan arus lalu lintas yaitu:

- a) Time mean speed (TMS), yaitu rata-rata kecepatan dari seluruh kendaraan yang melewati suatu titik pada jalan selama periode waktu tertentu. Kecepatan terdistribusi dalam waktu, sedangkan lokasinya tetap.

$$Vt = \frac{\sum Vi}{n} \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan:

Vt = spot speed

n = jumlah kendaraan

- b) Space mean speed (SMS), yaitu rata-rata kecepatan kendaraan yang menempati suatu segmen atau bagian jalan pada interval waktu tertentu.

$$Vs = \frac{n \times L}{\sum ti} \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan:

V_s = spot speed

n = jumlah kendaraan

L = panjang segmen (m)

Σt_i = jumlah waktu yang ditempuh kendaraan (det)

Perbedaan analisis dari kedua jenis kecepatan di atas adalah bahwa TMS adalah pengukuran titik, sementara SMS pengukuran berkenaan dengan panjang jalan atau lajur.

2. Kecepatan bergerak (running speed)

Kecepatan bergerak adalah kecepatan rata-rata. Kecepatan gerak dapat dirumuskan:

$$\text{Kecepatan gerak} = \frac{\text{jauh perjalanan}}{\text{waktu tempuh} - \text{waktu berhenti}} \dots\dots\dots (13)$$

3. Kecepatan perjalanan (journey speed)

Kecepatan perjalanan adalah kecepatan efektif sebuah kendaraan yang sedang dalam perjalanan antara dua tempat dan merupakan jarak antara dua tempat dibagi dengan lama waktu bagi kendaraan untuk menyelesaikan perjalanan antara dua tempat tersebut, dengan lama waktu mencakup setiap waktu berhenti yang ditimbulkan oleh hambatan (penundaan lalu lintas).

$$\text{Kecepatan perjalanan} = \frac{\text{jauh perjalanan}}{\text{waktu tempuh}} \dots\dots\dots (14)$$

2.5.2.1 Analisa Data Kecepatan Lalu Lintas

Untuk menganalisa data-data kecepatan yang telah diperoleh dari hasil survey, biasanya menggunakan teknik statistik. Dan rumus-rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

a) Kecepatan rata-rata (V_r)

$$V_r = \frac{\Sigma fx}{\Sigma f} \dots\dots\dots (15)$$

b) Varian (Sv)

$$Sv = \frac{\sum fx^2}{\sum f} - (Vr)^2 \dots\dots\dots(16)$$

c) Standar Deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{Sv} \dots\dots\dots(17)$$

d) Standar Error (Se)

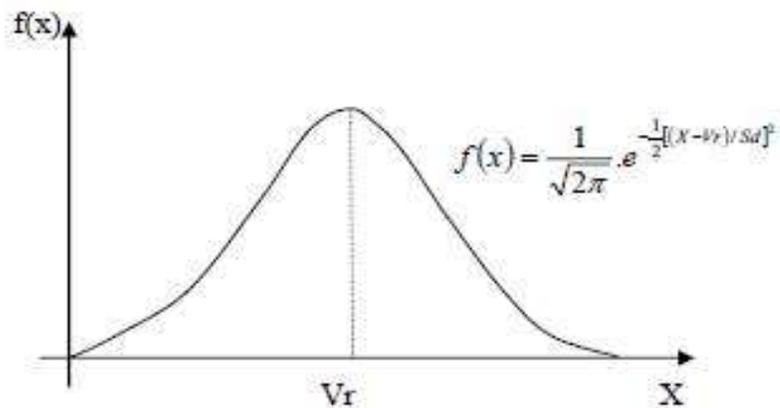
$$Se = SD/\sqrt{\sum f} \dots\dots\dots(18)$$

Dimana:

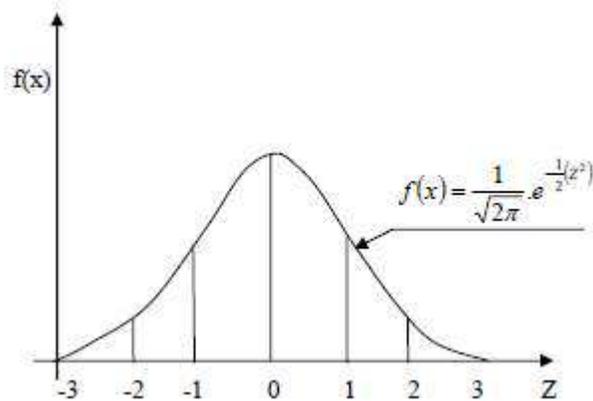
f = frekuensi data

x = nilai tengah kelas data

untuk menganalisa data selanjutnya, adalah menggunakan distribusi normal rumusan ini banyak digunakan dalam bidang rekayasa terutama rekayasa lalu lintas. Distribusi normal ini sangat berguna dalam pengambilan sampel karena mean-mean sampel yang diperoleh dari sampel secara acak bagi suatu populasi dianggap menyerupai satu distribusi normal.



Gambar 2.3 grafik luas area dibawah lengkung normal
 Sumber : Johnson, R.(1984). "Elementary Statistics 4th Edition" By PWS Publisher.



Gambar 2.4 grafik luas area dibawah lengkung normal dengan nilai 0 sampai Z
 Sumber : Johnson, R.(1984). "Elementary Statistics 4th Edition" By PWS Publisher.

Dimana:

X = batas atas kelompok kecepatan

Vr = nilai rata-rata kecepatan

Sd = standar deviasi

Selanjutnya untuk mengukur tinggi validitas data, dapat digunakan uji X_2 , sebagai berikut:

$$X^2 = \text{Khi - square} = \frac{(\text{jumlah data teori} - \text{jumlah data survey})^2}{\text{jumlah data teori}} \dots\dots\dots (19)$$

Jika nilai X_2 survey < X_2 teori pada tingkat keyakinan 95% data benar dan hanya 5% eror, maka hal ini menunjukkan bahwa data-data survey dapat diwakili oleh distribusi normal. Untuk itu, data survey tersebut dapat digunakan sebagai bahan analisis selanjutnya.

Untuk data luas standar dibawah lengkung normal dan tabel nilai X^2 kritis adalah sebagai berikut:

2.5.3 Kepadatan / Kerapatan Lalu Lintas (Density)

Kerapatan didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang menempati suatu panjang jalan atau lajur, secara umum diekspresikan dalam kendaraan per kilometer. Dilapangan, kerapatan sulit di ukur secara pasti.

Menurut **Morlock, E. K** (1978), kepadatan lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang lewat pada suatu bagian tertentu dari sebuah jalur dalam satu atau dua arah selama jangka

waktu tertentu, keadaan jalan serta lalu lintas tertentu pula, dan dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$D = Q/Us \dots\dots\dots(20)$$

Dimana:

D = kepadatan kendaraan (kendaraan/km)

Q = Volume kendaraan (kendaraan/jam)

Us = kecepatan rata-rata kendaraan (km/jam)

2.5.4 Hubungan Antara Voume, Kecepatan dan Kepadatan

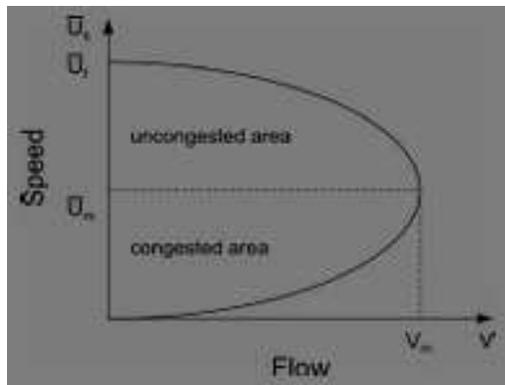
Aliran arus lalu lintas pada ruas jalan terdapat 3 (tiga) variabel utama yang digunakan untuk mengetahui karakteristik arus lalu lintas, yaitu: volume, kecepatan dan kepadatan.

Variabel-variabel tersebut memiliki hubungan antara satu dengan yang lainnya. hubungan tersebut dapat digambarkan dengan menggunakan persamaan matematis sebagai berikut:

1) Hubungan Voume – Kecepatan

Hubungan mendasar volume dan kecepatan adalah dengan bertambahnya volume lalu lintas maka kecepatan rata-rata ruangnya akan berkurang sampai kepadatan kritis (volume maksimum) tercapai.

Hubungan keduanya ditunjukkan pada gambar berikut ini :



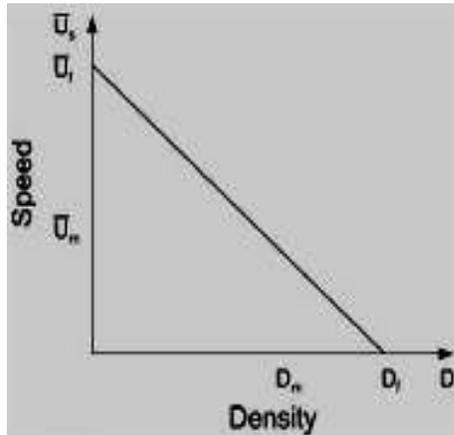
Gambar: 2.5 Hubungan volume-kecepatan

Sumber : Jurnal teknik sipil dan perencanaan, Nomor 2-Volume 12, Juli 2010

Setelah kepadatan kritis tercapai, maka kecepatan rata-rata ruang dan volume akan berkurang. Jadi kurva diatas menggambarkan dua kondisi yang berbeda, lengan atas menunjukkan kondisi stabil sedangkan lengan bawah menunjukkan kondisi arus padat.

2) Hubungan kecepatan dan kepadatan

Kecepatan akan menurun apabila kepadatan bertambah. Kecepatan arus bebas akan terjadi apabila kepadatan sama dengan nol, dan pada saat kecepatan sama dengan nol maka akan terjadi kemacetan (*jam density*). Hubungan keduanya ditunjukkan seperti pada gambar berikut:



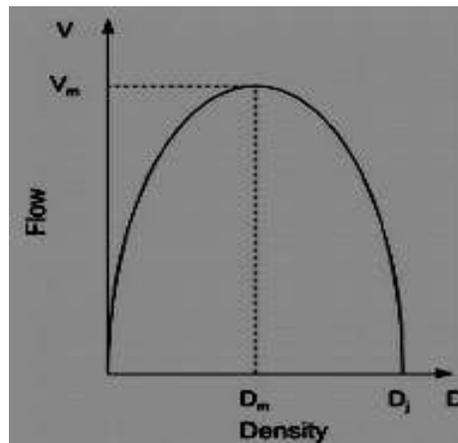
Gambar: 2.6 Hubungan Kecepatan dan Kepadatan

Sumber : Jurnal teknik sipil dan perencanaan, Nomor 2-Volume 12, Juli 2010

3) Hubungan volume – kepadatan

Volume maksimum (Q_m) terjadi pada saat kepadatan mencapai titik D_m (Kapasitas jalur jalan sudah tercapai). Setelah mencapai titik ini, volume akan menurun walaupun kepadatan bertambah sampai terjadi kemacetan di titik .

Hubungan keduanya ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar: 2.7 Hubungan Volume dan Kepadatan

Sumber : Jurnal teknik sipil dan perencanaan, Nomor 2-Volume 12, Juli 2010

2.5.5 Model Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan

2.5.5.1 Model Greenshield

Model ini adalah model yang paling awal dalam upaya mengamati perilaku lalu lintas. **Greenshield** yang melakukan studi pada jalan-jalan di luar kota Ohio, dimana kondisi lalu lintas memenuhi syarat karena tanpa gangguan dan bergerak secara bebas (steady state condition). **Greenshield** mendapatkan hasil bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan bersifat linear. Model ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$U_s = U_f - \left(\frac{U_f}{D_j}\right) \times D \dots\dots\dots(21)$$

Dari persamaan tersebut dapat disampaikan bahwa U_s adalah kecepatan rata-rata ruang (km/jam), U_f adalah kecepatan pada kondisi arus bebas (km/jam), D adalah kepadatan (smp/km), D_j adalah kepadatan kondisi jam (smp/km) dan V adalah arus lalu lintas (smp/am).

Memperhatikan rumus di atas, pada dasarnya merupakan suatu persamaan linear, $Y = a + bX$, dimana dianggap bahwa U_f merupakan konstanta a dan $U_f/D_j = b$ sedangkan U_s dan D masing-masing merupakan variabel Y dan X . Kedua konstanta tersebut dapat dinyatakan sebagai kecepatan (free flow speed) dimana pengendara dapat memacu kecepatan sesuai dengan keinginan dan puncak kepadatan dimana kendaraan tidak dapat bergerak sama sekali.

Hubungan antara volume dan kepadatan didapat dengan mengubah persamaan (20) menjadi $U_s = V/D$ yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (21) sehingga diperoleh:

$$V = U_f \times D - \left(\frac{U_f}{D_j}\right) \times D^2 \dots\dots\dots(22)$$

persamaan tersebut merupakan persamaan parabolik $V = f(D)$

hubungan antara volume dan kecepatan dapat dengan mengubah persamaan (20) menjadi $D = V/U_s$ yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (21), maka akan diperoleh:

$$V = D_j \times U_s - \left(\frac{D_j}{U_f}\right) \times U_s^2 \dots\dots\dots(23)$$

Persamaan tersebut juga merupakan persamaan parabolik $V = f(U_s)$.

Volume maksimum (V_m) untuk model **Greenshield** dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$V_m = D_m \times U_m \dots\dots\dots(24)$$

Dari persamaan tersebut dapat disampaikan bahwa D_m adalah kepadatan pada saat volume maksimum dan U_m adalah kecepatan pada saat volume maksimum.

Kepadatan pada saat volume maksimum (D_m) untuk metode **Greenshield** dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$D = D_m = \left(\frac{D_j}{2}\right) \dots\dots\dots(25)$$

Kecepatan saat volume maksimum (U_m) untuk metode **Greenshield** dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$U_s = U_m = \left(\frac{U_f}{2}\right) \dots\dots\dots(26)$$

Apabila persamaan (25) dan (26) disubstitusikan pada persamaan (24), maka volume maksimum dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$V_m = D_m \times U_m$$

$$V_m = (D_j \times U_f) / 4 \dots\dots\dots(27)$$

2.5.5.2 Model Greenberg

Model **greenberg** adalah model kedua yang mensurvey hubungan kecepatan kerapatan pada aliran lalu lintas pada terowongan, dan menyimpulkan bahwa model non linear lebih tepat digunakan yakni fungsi eksponensial. Rumus dasar dari **Greenberg** adalah:

$$D = c \times e^{bU_s} \dots\dots\dots(28)$$

dengan c dan b merupakan nilai konstanta.

Dengan menggunakan analogi aliran fluida dia mengkombinasikan persamaan gerak dan kontinuitas untuk satu kesatuan dimensi gerak dan menurunkan persamaan:

$$U_s = U_m \times \ln\left(\frac{D_j}{D}\right) \dots\dots\dots(29)$$

Pada model **Greenberg** ini diperlukan pengetahuan tentan parameter-parameter kecepatan optimum dan kerapatan kondisi jam. Sama dengan model **Greenshield**, kecepatan kondisi jam sangat sulit diamati di lapangan dan estimasi terhadap kecepatan optimum lebih sulit diperkirakan dari pada kecepatan bebas rata-rata.

Estimasi kasar untuk menentukan kecepatan optimum kurang lebih setengah dari kecepatan rencana. Ketidakuntungan lain dari model ini adalah kecepatan bebas rata-rata tidak bisa dihitung. Persamaan (29) di atas dapat ditulis kedalam bentuk persamaan matematika lain yaitu:

$$Us = Um \times \ln Dj - Um \times \ln D \dots\dots\dots(30)$$

Memperhatikan rumus diatas, pada dasarnya merupakan suatu persamaan linier, $Y = a + bX$, dimana dianggap bahwa $Um \ln Dj$ merupakan konstanta a dan $-Um = b$ sedangkan Us dan $\ln D$ masing-masing merupakan variabel Y dan X .

Hubungan antara volume dan kepadatan didapat dengan mengubah persamaan (20) menjadi $Us = V/D$ yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (29) sehingga diperoleh:

$$V = Um \times D \times \ln\left(\frac{Dj}{D}\right) \dots\dots\dots(31)$$

Hubungan antara volume dan kecepatan di dapat dengan mengubah persamaan (20) menjadi $D = V/Us$ yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (29), maka akan diperoleh:

$$V = Us \times Dj \times \exp\left(-\frac{Us}{Um}\right) \dots\dots\dots(32)$$

Volume maksimum (Vm) untuk model **Greenberg** dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (24) di atas. Untuk menentukan konstanta Dm dan Um , maka persamaan (31) dan (32) harus dideferensir masing-masing terhadap kepadatan dan kecepatan.

Kepadatan saat volume maksimum (Dm) untuk model **Greenberg** dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$D = Dm = \left(\frac{Dj}{e}\right) \dots\dots\dots(33)$$

Kecepatan saat volume maksimum (Um) untuk model **greenberg** dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Us = Um = Um \dots\dots\dots(34)$$

Apabila persamaan (33) dan (34) disubstitusikan pada persamaan (24), maka volume maksimum dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Vm = Dm \times Um$$

$$Vm = \left(\frac{Dj}{e}\right) x Um$$

$$Vm = (Dj x Um)/e \dots\dots\dots(35)$$

2.5.5.3 Model Underwood

Underwood mengemukakan suatu hipotesis bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan adalah merupakan hubungan eksponensial dengan bentuk persamaan sebagai berikut:

$$Us = Uf x \exp\left(-\frac{D}{Dm}\right) \dots\dots\dots(36)$$

Untuk mendapatkan konstanta Uf dan Dm, persamaan (36) diubah persamaan linier, Y = a + bX, seperti di bawah ini:

$$\ln Us = \ln Uf - \left(-\frac{D}{Dm}\right) \dots\dots\dots(37)$$

Dimana dianggap bahwa ln Uf merupakan konstanta a dan - 1/Dm = b sedangkan ln Us dan D masing-masing merupakan variabel Y dan X.

Hubungan antara volume dan kepadatan didapat dengan mengubah persamaan (20) menjadi Us = V/D yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (36) sehingga diperoleh:

$$V = D x Uf x \exp\left(-\frac{D}{Dm}\right) \dots\dots\dots(38)$$

Hubungan antara volume dan kecepatan didapat dengan mengubah persamaan (20) menjadi D = V/Us yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (36), maka akan diperoleh:

$$V = Us x Dm x \ln\left(\frac{Uf}{Us}\right) \dots\dots\dots(39)$$

Apabila persamaan (38) dan (39) disubstitusikan pada persamaan (24), maka volume maksimum dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Vm = Dm x Um$$

$$Vm = Dm x \left(\frac{Uf}{e}\right)$$

$$Vm = (Dj x Um)/e \dots\dots\dots(40)$$

2.5.6 Penentuan Model Terbaik

2.5.6.1 Analisa Regresi Linier

Analisa regresi linier adalah metode statistik yang dapat digunakan untuk mempelajari hubungan antara sifat permasalahan yang sedang diselidiki. Model analisis regresi linier dapat memodelkan hubungan antara dua peubah atau lebih. Pada model ini terdapat peubah tidak bebas (y) yang mempunyai hubungan fungsional dengan satu atau lebih peubah bebas (x). Dalam kasus yang paling sederhana hubungan secara umum dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$Y = A + BX \dots\dots\dots(41)$$

Dimana:

Y= peubah tidak bebas

X= peubah bebas

A= konstanta regresi

B= konstanta regresi

Untuk menentukan nilai konstanta A dan koefisien regresi B, digunakan persamaan:

$$B = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \dots\dots\dots (42)$$

Sedangkan untuk nilai konstanta A, didapat dengan rumus:

$$A = \bar{y}_i - B \cdot \bar{x}_i \dots\dots\dots (43)$$

Dimana:

$$\bar{y}_i = \frac{\sum y_i}{n} \dots\dots\dots (44)$$

$$\bar{x}_i = \frac{\sum x_i}{n} \dots\dots\dots (45)$$

2.5.6.2 Analisa Determinasi

Koefisien determinasi sederhana (R^2) adalah satu ukuran yang digunakan untuk mengukur pengaruh variabel independen terhadap variansi variabel dependen, dengan $0 < R^2 < 1$.

Semakin besar nilai koefisien determinasi maka makin kuat juga hubungan linear antara dua variabel.

2.5.6.3 Analisa Korelasi

Pengukuran untuk mengetahui sejauh mana ketepatan fungsi regresi adalah dengan melihat nilai koefisien determinasi (R^2) yang didapat dengan mengkuadratkan nilai koefisien korelasi (r), yang diperoleh dengan persamaan berikut (Sitohang, O, dkk. 2001) :

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} \dots\dots\dots (46)$$

Dengan :

- xi = variabel bebas
- yi = variabel tak bebas
- n = jumlah sampel

2.5.6.4 Standar Deviasi

Ukuran penyimpangan yang paling banyak digunakan adalah simpangan baku. Simpangan baku sama dengan nilai yang menunjukkan tingkat (derajat) variasi kelompok data dari meannya. Pangkat dua dari simpangan baku dinamakan varians.

Untuk sampel simpangan baku diberi simbol S atau sd. Untuk populasi, simbolnya σ dengan demikian maka varians atau sampel diberi simbol S^2 atau sd^2 dan untuk populasi σ^2 .

Simpangan baku atau standar deviasi ada dua yaitu simpangan baku data tunggal dan simpangan baku data berkelompok. Perhitungan standar deviasi dalam penelitian ini rumus yang digunakan adalah rumus simpangan baku data berkelompok.

1. Simpangan baku data tunggal

Simpangan baku data tunggal dengan rumusnya sebagai berikut:

$$S^2 = \frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n(n-1)} \dots\dots\dots (47)$$

Dengan:

- S^2 = varians
- n = jumlah data
- $\sum x_i^2$ = jumlah total data x_i^2
- $(\sum x_i)^2$ = jumlah total xi

2. Simpangan baku data berkelompok

Simpangan baku data berkelompok dengan rumusnya sebagai berikut:

$$S^2 = \frac{n \sum f_i x_i^2 - (\sum f_i x_i)^2}{n(n-1)} \dots\dots\dots (48)$$

Dengan:

f_i = jumlah data dalam interval waktu yang ditentukan

x_i = jumlah nilai rata-rata dari interval waktu

n = jumlah data