

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Jalan Perkotaan

Berdasarkan PKJI (2014) segmen jalan antar kota yaitu segmen jalan tanpa perkembangan yang menerus di kedua sisinya, walaupun ada perkembangan yang permanen tapi sangat sedikit, seperti rumah makan, pabrik atau perkampungan.

Segmen jalan perkotaan yaitu segmen jalan yang mempunyai perkembangan permanen serta menerus di sepanjang ataupun di seluruh segmen jalan, minimal pada satu sisi, berupa pengembangan koridor, berada di atau dekat pusat perkotaan yang memiliki penduduk lebih dari 100.000 jiwa, ataupun dalam daerah perkotaan dengan jumlah penduduk kurang dari 100.000 jiwa namun mempunyai perkembangan yang permanen serta menerus di sisi jalannya.

Sesuai dengan PKJI (2014) segmen jalan perkotaan terdiri dari empat tipe jalan, yaitu:

- Jalan sedang tipe 2/2TT
- Jalan raya tipe 4/2T
- Jalan raya tipe 6/2T
- Jalan satu arah tipe 1/1, 2/1, dan 3/1

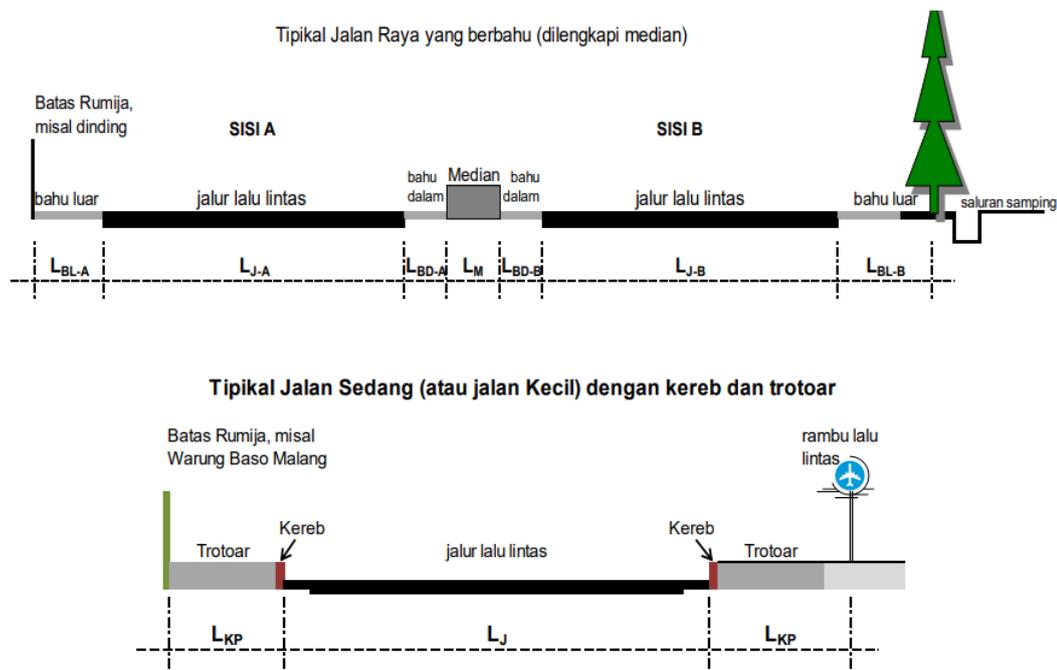
Analisis kapasitas untuk jalan tak terbagi (2/2TT) dilakukan untuk kedua arah lalu lintas, sementara analisis kapasitas untuk tipe jalan terbagi (4/2T dan 6/2T) dilakukan per lajur masing-masing arah lalu lintas, dan untuk tipe jalan satu arah pergerakan lalu lintas analisis kapasitasnya sama dengan pendekatan pada tipe jalan terbagi, yaitu perlajur untuk satu arah lalu lintas. Sementara untuk tipe jalan yang jumlah lajurnya lebih dari 6 dapat dianalisis dengan menggunakan ketentuan-ketentuan untuk tipe jalan 4/2T.

2.2 Karakteristik dan Kondisi Ruas Jalan

2.2.1 Geometrik Jalan

Geometrik jalan yang berpengaruh pada kapasitas serta kinerja jalan, diantaranya adalah:

- Tipe jalan yang menentukan perbedaan pembebanan lalu lintas.
- Lebar jalur lalu lintas yang dapat mempengaruhi nilai kecepatan arus bebas dan kapasitas.
- Kereb dan bahu jalan yang berdampak pada hambatan samping di sisi jalan.
- Median yang berpengaruh pada arah pergerakan lalu lintas.
- Nilai alinemen jalan tertentu yang dapat menurunkan kecepatan arus bebas. Namun alinemen jalan yang terdapat di jalan perkotaan dianggap bertopografi datar, maka pengaruh alinemen jalan ini dapat diabaikan.



Gambar 2.1 Sketsa penampang melintang segmen jalan

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

Lebar bahu efektif (L_{Be}) dihitung dengan persamaan berikut:

Jalan tak terbagi (2 arah) : $L_{Be} = (L_{BA} + L_{BB})/2$

Jalan terbagi (1 arah) : Arah 1: $L_{Be-1} = L_{BL-A} + L_{BD-A}$

Arah 2: $L_{Be-2} = L_{BL-B} + L_{BD-B}$

Jalan satu arah : $L_{Be} = L_{BA} + L_{BB}$

2.2.2 Komposisi Arus Lalu Lintas dan Pemisah Arah

Komposisi arus lalu lintas mempengaruhi volume lalu lintas, setiap kendaraan yang ada harus dikonversikan menjadi suatu kendaraan standar. Komposisi lalu lintas berpengaruh pada saat pengkonversian kendaraan menjadi KR (Kendaraan Ringan), satuan yang dipakai dalam analisis kapasitas dan kinerja lalu lintas adalah skr/jam. Nilai skr (satuan kendaraan ringan) dikelompokkan berdasarkan jenis kendaraan berikut:

Kapasitas yang paling besar terjadi pada saat arus kedua arah pada tipe jalan 2/2TT sama besar yaitu 50%-50%, pemisahan arah ini perlu ditentukan dalam penentuan nilai kapasitas yang ingin dicapai. Proporsi pemisahan arah arus (PA) dihitung dengan membagi arus total (kend/jam) arah 1 dengan arus total 2 arah (1+2) dalam satuan kend/jam.

$$PA = \frac{Q_{jp \text{ arah } 1}}{Q_{jp \text{ arah } 1+2}}$$

2.2.3 Pengaturan Lalu Lintas

Pengaturan lalu lintas yang berpengaruh pada kapasitas, yaitu:

- Batas kecepatan melalui rambu.
- Pembatasan aktivitas parkir.
- Pembatasan berhenti.
- Pembatasan akses dari simpang dan dari lahan samping jalan.
- Akses untuk jenis kendaraan tertentu.

Rambu batas kecepatan jarang diberlakukan langsung dengan rambu di jalan perkotaan. Ketentuan umum kecepatan maksimum di perkotaan yaitu 40 km/jam. Batas kecepatan hanya berpengaruh sedikit pada kecepatan arus bebas, sehingga rambu tersebut tidak dimasukkan ke dalam perhitungan kapasitas. Serta di daerah perkotaan Indonesia jarang diberlakukan batas kecepatan, karenanya hanya sedikit kegiatan samping yang berpengaruh pada kecepatan arus bebas.

2.2.4 Hambatan Samping

Konflik yang timbul akibat aktivitas di samping jalan dapat berpengaruh pada arus lalu lintas. Dalam perspektif analisis kapasitas jalan, aktivitas tersebut disebut hambatan samping. Hambatan samping yang dianggap berpengaruh terhadap kapasitas dan kinerja jalan yaitu, pejalan kaki, angkutan umum dan kendaraan lain

yang berhenti, kendaraan lambat, serta kendaraan yang keluar masuk dari lahan samping jalan.

2.2.5 Perilaku Pengemudi

Manusia selaku pengemudi kendaraan merupakan bagian dari arus lalu lintas yaitu sebagai pemakai jalan. Dalam menghadapi situasi arus lalu lintas, faktor psikologis serta fisik pengemudi sangat berpengaruh. Perkembangan perkotaan yang berbeda, kendaraan yang beragam, serta populasi kendaraan (umur, tenaga, kondisi kendaraan, dan komposisi kendaraan) menunjukkan keberagaman perilaku pengemudi. Hal tersebut diperhitungkan di dalam analisis secara tidak langsung melalui ukuran kota. Perilaku pengemudi yang kurang gesit dan kendaraan yang kurang responsive ditunjukkan dari ukuran kota yang lebih kecil, sehingga hal tersebut menyebabkan kapasitas dan kecepatan yang lebih rendah pada arus tertentu. Dalam PKJI (2014) ketentuan penetapan ukuran kota adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Kelas ukuran kota

Ukuran Kota (Juta Jiwa)	Kelas Ukuran Kota
< 0,1	Sangat kecil
0,1 – 0,5	Kecil
0,5 – 1,0	Sedang
1,0 - 3,0	Besar
>3,0	Sangat besar

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

2.3 Ketentuan Teknis

2.3.1 Lalu Lintas

Data lalu lintas eksisting digunakan untuk evaluasi kinerja lalu lintas, yang berupa arus lalu lintas per jam eksisting di jam tertentu yang dievaluasi, misalnya pada jam sibuk pagi atau sore. Volume lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) kend/hari dihitung dari jumlah arus lalu lintas yang dihitung selama satu tahun penuh dibagi jumlah hari dalam tahun tersebut.

Perhitungan jumlah kendaraan harus memperhatikan faktor atau kondisi dilapangan yang dapat mempengaruhi volume lalu lintas (Alamsyah, 2008). Kondisi tersebut seperti, kondisi waktu khusus (liburan, pertandingan olahraga,

pertunjukan, pemogokan karyawan, dll), cuaca tidak normal, halangan/perbaikan jalan didekat daerah tersebut. Untuk waktu perhitungan volume lalu lintas secara manual harus disesuaikan dengan kondisi tempat dimana jadwal berangkat dan pulang kerja, sekolah, belanja ataupun rekreasi. Penentuan periode perhitungan memperhatikan periode waktu puncak (*peak hours*) yang mana volume terbesar terdapat pada saat itu. Menurut Alamsyah,2008 jadwal perhitungan yang dapat dipakai adalah sebagai berikut;

1. Periode 12 jam (06.00-18.00)
2. Periode 8 jam (06.00-10.30 dan 14.00-17.30)
3. Periode 4 jam (06.00-08.00 dan 15.00-17.00)

Dapat pula memakai periode 24 jam, 16 jam serta waktu puncak/*peak hour*. Kendaraan diklasifikasikan menjadi beberapa kelas sesuai dengan ketentuan untuk survei perhitungan lalu lintas. Dalam PKJI 2014, klasifikasi MKJI 1997 masih digunakan.

Tabel 2.2 Padanan klasifikasi jenis kendaraan

No	IRMS (11 kelas)	DJBM (1992) (8 kelas)	MKJI (1997) (5 kelas)
1.	Sepeda motor, skuter, kendaraan roda 3	Sepeda motor, skuter, sepeda kumbang, dan sepeda roda tiga	SM (Sepeda Motor), yaitu kendaraan bermotor roda 2 dan 3 dengan panjang tidak lebih dari 2,5 m)
2.	Sedan, jeep, station wagon	Sedan, jeep, station wagon	KR (Kendaraan Ringan), yaitu mobil penumpang (sedan, jeep, station wago, opelet, minibus serta microbus), pickup, truk kecil dengan panjang tidak lebih dari atau sama dengan 5,5 m
3.	Opelet, pickup-opelet, suburban, kombi, dan minibus.	Opelet, pickup opelet, suburban, kombi, dan minibus	KS (Kendaraan Sedang), yaitu Bus dan truk 2 sumbu dengan panjang tidak lebih atau sama dengan 12 m
4.	Pickup, mikro-truk, dan mobil hantaran.	Pickup, mikro-truk, dan mobil hantaran	KB (Kendaraan Berat) yaitu, truk 3 sumbu dan truk kombinasi: truk gandengan

No	IRMS (11 kelas)	DJBM (1992) (8 kelas)	MKJI (1997) (5 kelas)
			dan truk tempelan dengan panjang lebih dari 12m
5.	a. Bus kecil b. Bus besar	Bus	KTB (Kendaraan Tidak Bermotor), yaitu sepeda, beca, dokar, kretek, andong
6.	Truk 2 sumbu	Truk 2 sumbu	
7.	a. Truk 3 sumbu b. Truk gandingan c. Truk tempelan (semtrailer)	Truk 3 sumbu atau lebih dan gandingan	
8.	KTB (sepeda, beca, dokar, kretek, andong)	KTB (sepeda, beca, dokar, andong, kretek)	

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

2.3.2 Ekivalen Kendaraan Ringan (ekr)

Ekivalen kendaraan ringan atau ekr merupakan faktor penyeragaman satuan dari beberapa tipe kendaraan yang dibandingkan terhadap KR, karena pengaruhnya kepada karakteristik arus campuran. Jalan tak terbagi, nilai ekr nya selalu sama untuk kedua arah, sementara untuk jalan terbagi yang arusnya tidak sama ekr nya mungkin berbeda. Nilai ekr untuk kendaraan ringan adalah 1, sementara ekr untuk kendaraan berat dan sepeda motor ditetapkan sesuai dengan yang ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 2.3 Ekivalen Kendaraan Ringan untuk tipe jalan 2/2TT

Tipe jalan	Arus lalu lintas total dua arah (kend/jam)	ekr		
		KB	SM	
			Lebar jalur lalu lintas, L_{jalur}	
			$\leq 6m$	$> 6m$
2/2TT	< 3700	1,3	0,5	0,40
	≥ 1800	1,2	0,35	0,25

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

Tabel 2.4 Ekvivalen Kendaraan Ringan untuk jalan terbagi dan satu arah

Tipe jalan	Arus lalu lintas per lajur (kend/jam)	Ekr	
		KB	SM
2/1 dan 4/2T	< 1050	1,3	0,40
	≥ 1050	1,2	0,25
3/1 dan 6/2D	< 1100	1,3	0,40
	≥ 1100	1,2	0,25

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

Faktor satuan kendaraan ringan (F_{skr}) yaitu angka untuk mengubah besaran arus lalu lintas dalam kendaraan campuran dari satuan kendaraan menjadi skr. F_{skr} dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$F_{skr} = \frac{Q_{skr}}{Q_{kendaraan}}$$

2.3.3 Kelas Hambatan Samping

Jumlah total nilai frekuensi kejadian dari setiap jenis hambatan samping yang diperhitungkan dengan dikalikan dengan bobotnya masing-masing digunakan untuk menentukan kelas hambatan samping (KHS). Frekuensi kejadian hambatan samping dihitung berdasarkan pengamatan di sepanjang segmen yang diamati dengan periode waktu selama satu jam. Bobot jenis hambatan samping ditetapkan dari tabel 2.5 dan untuk kriteria KHS berdasarkan frekuensi kejadian sesuai dengan tabel 2.6.

Tabel 2.5 Pembobotan hambatan samping

No.	Jenis hambatan samping utama	Bobot
1.	Pejalan kaki di badan jalan dan yang menyebrang	0,5
2.	Kendaraan umum dan kendaraan lain yang berhenti	1,0
3.	Kendaraan keluar/masuk sisi atau lahan samping jalan	0,7
4.	Arus kendaraan lambat (kendaraan tak bermotor)	0,4

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

Tabel 2.6 Kriteria kelas hambatan samping

Kelas hambatan samping	Nilai frekuensi kejadian (dikedua sisi) dikali bobot	Ciri-ciri khusus
Sangat rendah (SR)	< 100	Daerah pemukiman, tersedia jalan lingkungan (frontage road)

Kelas hambatan samping	Nilai frekuensi kejadian (dikedua sisi) dikali bobot	Ciri-ciri khusus
Rendah (R)	100 - 299	Daerah pemukiman, ada beberapa angkutan umum (angkot)
Sedang (S)	300 - 499	Daerah industri, ada beberapa toko di sepanjang sisi jalan
Tinggi (T)	500 – 899	Daerah komersial, ada aktivitas sisi jalan yang tinggi
Sangat tinggi (ST)	>900	Daerah komersial, ada aktivitas pasar sisi jalan

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

KHS ditetapkan sesuai dengan kondisi lingkungan jalan. Gunakan tabel 2.6 jika data rinci hambatan samping tersedia, maka:

1. Frekuensi hambatan samping per jam per 200m dari kedua sisi segmen yang diamati atau perkiraan jika analisis untuk tahun yang akan datang:
 - a. Jumlah pejalan kaki di badan jalan dan yang menyebrang di sepanjang segmen jalan.
 - b. Jumlah kendaraan yang berhenti dan parkir.
 - c. Jumlah kendaraan keluar/masuk dari lahan samping jalan.
 - d. Arus kendaraan yang bergerak lambat
2. Frekuensi kejadian dikalikan dengan bobot relatif dari tipe kejadian menggunakan tabel 2.5.
3. Menjumlahkan kejadian berbobot untuk semua tipe kejadian.
4. Menentukan kelas hambatan samping dengan menggunakan tabel 2.6.

Kelas hambatan samping dapat ditentukan sebagai berikut apabila data rinci hambatan samping tidak tersedia, yaitu dengan:

1. Dalam tabel 2.6 lihat uraian mengenai “kondisi khusus”, lalu pilih salah satu yang paling tepat untuk keadaan segmen jalan yang sedang dianalisis.
2. Lihat potret pada gambar yang menunjukkan kesan visual rata-rata khusus dari masing-masing KHS, lalu pilih satu yang sesuai. Berikut adalah beberapa potret yang menggambarkan hambatan samping yang disajikan pada Gambar 2.2 sampai Gambar 2.6.

3. Pilih kelas hambatan samping berdasarkan pertimbangan dari gabungan langkah 1 dan 2.



Gambar 2.2 Ruas jalan tipe 2/2TT (Jalan RE Martadinata Tasikmalaya)

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

Gambar 2.2 berlokasi di lingkungan pemukiman, dengan jalan masuk langsung dari setiap persil rumah tinggal, sehingga arus kendaraan di ruas jalan ini tidak terganggu, tidak ada kendaraan yang parkir ataupun berhenti, tidak ada orang yang menyebrang, serta tidak ada kendaraan tak bermotor/lambat. Maka, hambatan samping pada ruas jalan ini dikategorikan rendah.



Gambar 2.3 Ruas jalan tipe 4/2T (Jalan Dr. Cipto Mangunkusumo Cirebon)

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

Gambar 2.3 berlokasi di lingkungan perkantoran dengan sedikit potensi komersial, saat pengambilan data, tidak ada kendaraan yang keluar/masuk kantor ataupun

parkir/berhenti, tidak ada pejalan kaki yang menyebrang, serta terdapat kendaraan lambat dengan frekuensi yang kecil. Hambatan samping ruas jalan ini masih dapat dikatakan rendah.



Gambar 2.4 Ruas jalan tipe 3/1

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

Gambar 2.4 hambatan sampingnya dikategorikan tinggi, karena berlokasi di lingkungan komersial, yang memungkinkan banyak penyebrangan, kendaraan yang parkir di samping kanan kiri jalan, banyak aktivitas keluar masuk area parkir, serta terdapat kendaraan lambat.



Gambar 2.5 Ruas jalan tipe (2/2TT)

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

Gambar 2.5 hambatan sampingnya dikategorikan tinggi, sebab masih berlokasi di lingkungan komersial.



Gambar 2.6 Ruas jalan tipe 4/2T (Jalan Ir. H. Djuanda Bandung)

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

Gambar 2.6 kelas hambatan sampingnya dikategorikan sangat tinggi, dapat dilihat banyak kendaraan yang parkir/berhenti di sepanjang ruas jalan hingga memakan setengah badan jalan, ruas jalan tersebut berlokasi di area pendidikan dan komersial yang menyebabkan banyaknya penyebrang jalan serta pejalan kaki, dan menyebabkan banyaknya pedagang kaki lima yang artinya banyak kendaraan lambat di ruas jalan ini.

2.3.4 Kecepatan Arus Bebas (V_B)

Kecepatan suatu kendaraan saat pengemudi merasa nyaman bergerak tanpa terpengaruh oleh kendaraan lain disebut kecepatan arus bebas atau V_B . Sementara kecepatan arus bebas suatu segmen jalan untuk suatu kondisi geometrik, pola arus lalu lintas, serta faktor lingkungan tertentu disebut kecepatan arus bebas dasar atau V_{BD} . Kriteria dasar untuk kinerja segmen jalan adalah nilai V_B jenis KR, sementara untuk nilai V_B KB dan SM hanya sebagai referensi. Nilai V_B untuk KR biasanya lebih tinggi 10% - 15% daripada tipe kendaraan lainnya. V_B dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V_B = (V_{BD} + V_{BL}) \times FV_{BHS} \times FV_{BUK}$$

Dimana,

V_B = kecepatan arus bebas kondisi lapangan (km/jam)

V_{BD} = kecepatan arus bebas dasar (Tabel 2.7)

V_{BL} = nilai penyesuaian kecepatan lebar jalan, km/jam (Tabel 2.8)

FV_{BHS} = faktor penyesuaian kecepatan bebas akibat hambatan samping pada jalan yang memiliki bahu atau kereb/trotoar ke penghalang terdekat (Tabel 2.9 dan 2.10)

FV_{BUK} = faktor penyesuaian kecepatan bebas untuk ukuran kota

Semua faktor penyesuaian 1,0 dan V_B menjadi sama dengan V_{BD} , apabila kondisi eksisting sama dengan kondisi kondisi dasar (ideal). Jalan 6 lajur, faktor penyesuaian kecepatan arus bebasnya ditentukan dengan nilai FV_{HS} untuk jalan 4/2T yang disesuaikan dengan menggunakan persamaan:

$$FV_{6HS} = 1 - \{0,8 \times 1 - FV_{4HS}\}$$

Dimana,

FV_{6HS} = faktor penyesuaian kecepatan arus bebas (jalan 6/2T)

FV_{4HS} = faktor penyesuaian kecepatan arus bebas (jalan 4/2T)

Tabel 2.7 Kecepatan arus bebas dasar (V_{BD})

Tipe jalan	V_{BD} (km/jam)			
	KR	KB	SM	Rata-rata semua kendaraan
6/2T atau 3/1	61	52	48	57
4/2T atau 2/1	57	50	47	55
2/2TT	44	40	40	42

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

Tabel 2.8 Nilai penyesuaian kecepatan arus bebas dasar akibat lebar jalur lalu lintas efektif

V_{BL}			
Tipe jalan	Lebar jalur efektif, L_e (m)	$V_{B,L}$ (km/jam)	
4/2T atau jalan satu arah	Per lajur:	3,00	-4
		3,25	-2
		3,50	0
		3,75	2
		4,00	4
2/2TT	Per lajur:	5,00	-9,50
		6,00	-3
		7,00	0

V_{BL}			
Tipe jalan		Lebar jalur efektif, L_e (m)	$V_{B,L}$ (km/jam)
		8,00	3
		9,00	4
		10,00	6
		11,00	7

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

Tabel 2.9 Faktor penyesuaian kecepatan arus bebas akibat hambatan samping (FVBHS) untuk jalan berbahu dengan lebar efektif (L_{BE})

Tipe jalan	KHS	FVBHS			
		L_{Be} (m)			
		$\leq 0,5$ m	1,0 m	1,5 m	≥ 2 m
4/2T	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
2/2TT	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: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

Tabel 2.10 Faktor penyesuaian kecepatan arus bebas akibat hambatan samping untuk jalan berkereb dengan jarak kereb ke penghalang terdekat L_{K-P}

Tipe jalan	KHS	FVB,HS			
		L_{K-P} (m)			
		$\leq 0,5$ m	1,0 m	1,5 m	≥ 2 m
4/2T	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
2/2TT	Sangat rendah	0,98	0,99	0,99	1,00
	Rendah	0,93	0,95	0,96	0,98
	Sedang	0,87	0,89	0,92	0,95
	Tinggi	0,78	0,81	0,84	0,88
	Sangat tinggi	0,68	0,72	0,77	0,82

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

Tabel 2.11 Faktor penyesuaian untuk pengaruh ukuran kota pada kecepatan arus bebas kendaraan ringan (FV_{UK})

Ukuran kota (Juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota (FV_{UK})
< 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: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

2.3.5 Penetapan Kapasitas (C)

Kapasitas yaitu arus lalu lintas maksimum dalam satuan skr/jam, yang dapat dipertahankan sepanjang segmen jalan tertentu dalam kondisi tertentu (geometrik, lingkungan serta lalu lintas). Tipe jalan 2/2TT kapasitasnya (C) ditentukan untuk total arus dua arah, sementara tipe jalan 4/2T, 6/2T, serta 8/2T arusnya ditentukan terpisah per arah serta kapasitasnyanya ditentukan per lajur. Kapasitas segmen ditentukan dengan persamaan berikut:

$$C = C_0 \times FC_{Lj} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK}$$

Dimana,

C = kapasitas (skr/jam)

C_0 = kapasitas dasar (skr/jam)

FC_{Lj} = faktor penyesuaian kapasitas terkait lebar lajur atau jalur lalu lintas

FC_{PA} = faktor penyesuaian kapasitas terkait pemisahan arah, hanya pada jalan tak terbagi

FC_{HS} = faktor penyesuaian kapasitas terkait KHS pada jalan berbahu atau berkereb

FC_{UK} = faktor penyesuaian kapasitas terkait ukuran kota

1. Kapasitas dasar (C_0)

Kemampuan suatu segmen jalan untuk menyalurkan kendaraan untuk kondisi tertentu mencakup geometrik, pola arus, serta faktor lingkungan yang dinyatakan dalam satuan skr/jam disebut kapasitas dasar (C_0). Ditetapkan secara empiris dari kondisi segmen jalan yang ideal (kondisi geometrik lurus, sepanjang 300m, lebar lajur rata-rata 2,75m, memiliki kereb atau bahu berpenutup, ukuran kota 1 -3 juta

jiwa, hambatan samping sedang. Nilai kapasitas dasar jalan perkotaan ditunjukkan dalam tabel 2.12 berikut:

Tabel 2.12 Kapasitas dasar (C_0)

Tipe jalan	C_0 (skr/jam)	Catatan
4/2T atau jalan satu arah	1650	Per lajur (satu arah)
2/2TT	2900	Per jalur (dua arah)

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

2. Faktor penyesuaian (FC)

Nilai kapasitas dasar disesuaikan dengan perbedaan lajur atau jalur lalu lintas (FC_{LJ}), pemisahan arah (FC_{PA}), kelas hambatan samping (FC_{HS}) serta ukuran kota (FC_{UK}). Nilai masing-masing FC ditunjukkan dalam tabel 2.13 – tabel 2.17 berikut:

Tabel 2.13 Faktor penyesuaian kapasitas akibat perbedaan lebar lajur atau jalur lalu lintas (FC_{LJ})

Tipe jalan		Lebar jalur lalu lintas efektif, W_c (m)	FC_{LJ}
4/2T atau jalan satu arah	Lebar per lajur:	3,00	0,82
		3,25	0,96
		3,50	1,00
		3,75	1,04
		4,00	1,08
2/2TT	Lebar jalur 2 arah:	5,00	0,56
		6,00	0,87
		7,00	1,00
		8,00	1,14
		9,00	1,25
		10,00	1,29
		11,00	1,34

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

Tabel 2.14 Faktor penyesuaian kapasitas terkait pemisahan arah lalu lintas (FC_{PA})

Pemisahan arah (PA)	%-%	50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FC_{PA}	2/2TT	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

Tabel 2.15 Faktor penyesuaian kapasitas akibat KHS pada jalan berbahu (FC_{HS})

Tipe jalan	KHS	FC_{HS}			
		Lebar bahu efektif, L_{Be} (m)			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
4/2T	SR	0,96	0,98	1,01	1,03
	R	0,94	0,97	1,00	1,02
	S	0,92	0,95	0,98	1,00

Tipe jalan	KHS	FC _{HS}			
		Lebar bahu efektif, L _{Be} (m)			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 2,0
	T	0,88	0,92	0,95	0,98
	ST	0,84	0,88	0,92	0,96
2/2TT	SR	0,94	0,96	0,99	1,01
	R	0,92	0,94	0,97	1,00
	S	0,89	0,92	0,95	0,98
	T	0,82	0,86	0,90	0,95
	ST	0,73	0,79	0,85	0,91

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

Tabel 2.16 Faktor penyesuaian kapasitas akibat KHS pada jalan berkereb dengan jarak dari kereb ke hambatan samping terdekat sejauh L_{KP}, FC_{HS}

Tipe jalan	KHS	FC _{HS}			
		Lebar bahu efektif, L _{Be} (m)			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 2,0
4/2T	SR	0,95	0,97	0,99	1,01
	R	0,94	0,96	0,98	1,00
	S	0,91	0,93	0,95	0,98
	T	0,86	0,89	0,92	0,95
	ST	0,81	0,85	0,88	0,92
2/2TT	SR	0,93	0,95	0,97	0,99
	R	0,90	0,92	0,95	0,97
	S	0,86	0,88	0,91	0,94
	T	0,78	0,81	0,84	0,88
	ST	0,68	0,72	0,77	0,82

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

Tabel 2.17 Faktor penyesuaian kapasitas terkait ukuran kota (FC_{UK})

Ukuran kota (jutaan penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota (FC _{UK})
< 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: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

Semua faktor penyesuaiannya menjadi 1,0 serta kapasitasnya menjadi sama dengan kapasitas dasar, jika kondisi segmen ruas jalan eksistingnya sama dengan kondisi dasar/ ideal. Untuk jalan 6 lajur nilai FC_{HS} nya ditentukan dengan nilai FC_{HS} untuk jalan 4/2T, yang dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$FC_{6HS} = 1 - \{0,8 \times (1 - FC_{4HS})\}$$

Dimana,

FC_{6HS} = faktor penyesuaian kapasitas untuk jalan 6 lajur

FC_{4HS} = faktor penyesuaian kapasitas untuk jalan 4 lajur

2.3.6 Derajat Kejenuhan (D_J)

Rasio antara arus lalu lintas dengan kapasitas disebut derajat kejenuhan (D_J). Tingkat kinerja segmen jalan ditentukan dengan menggunakan derajat kejenuhan sebagai ukuran utama. Kualitas kinerja arus lalu lintas ditunjukkan dengan nilai derajat kejenuhan, nilai derajat kejenuhan bervariasi antara nol sampai satu. Arus yang tidak jenuh yaitu kondisi arus yang lenggang yang mana kehadiran kendaraan tidak saling mempengaruhi satu sama lain, nilainya mendekati nol. Sementara untuk nilai yang mendekati 1 menunjukkan kondisi arus pada kondisi kapasitas, kepadatan arus yang sedang dengan kecepatan arus tertentu yang dapat dipertahankan selama paling tidak satu jam. Nilai derajat kejenuhan dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$D_J = \frac{Q}{C}$$

Dimana,

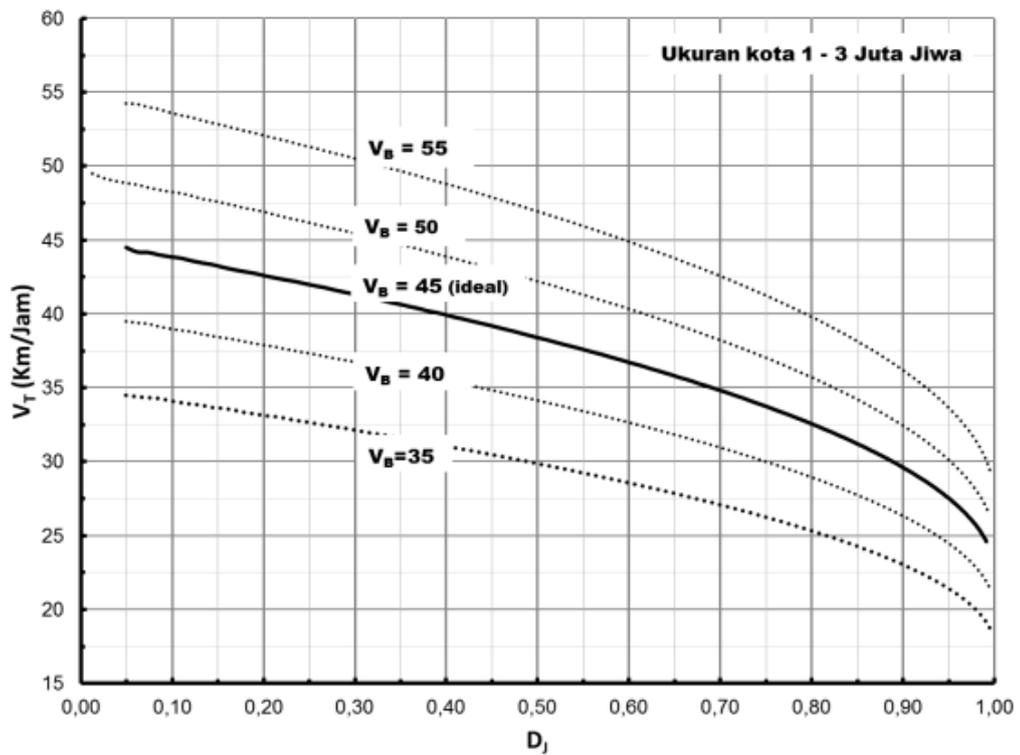
D_J = derajat kejenuhan

Q = arus lalu lintas (skr/jam)

C = kapasitas (skr/jam)

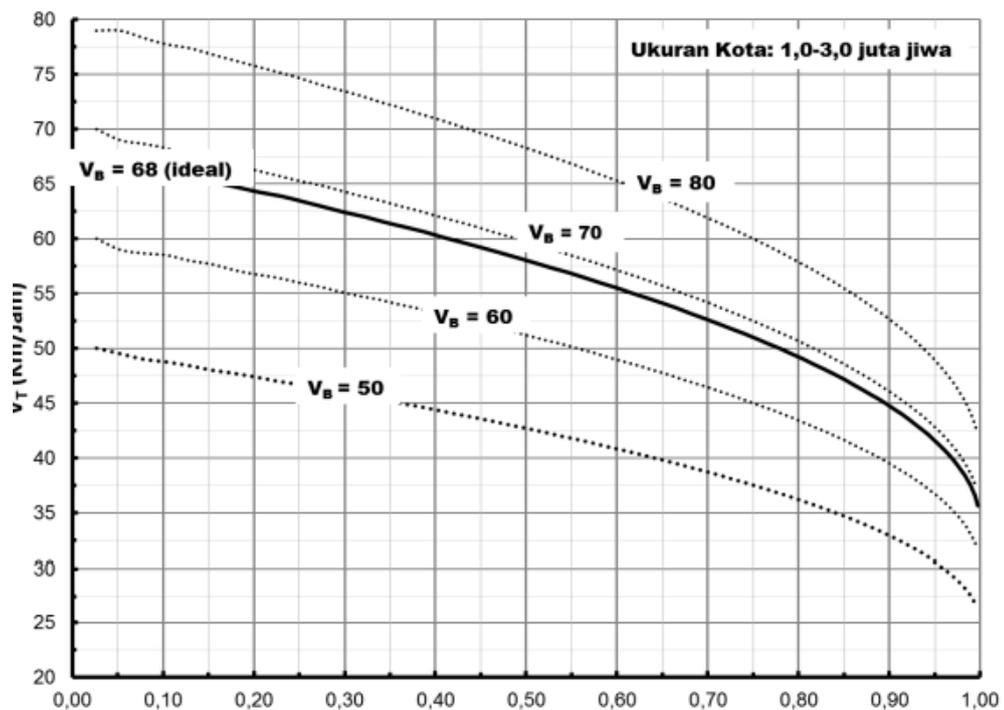
2.3.7 Kecepatan tempuh (V_T)

Kecepatan tempuh adalah kecepatan rata-rata ruang kendaraan sepanjang segmen jalan. Kecepatan tempuh merupakan kecepatan aktual kendaraan. Besaran kecepatan tempuh ditentukan berdasarkan fungsi dari derajat kejenuhan (D_J) dengan kecepatan arus bebas (V_B), yang mana telah ditentukan di bagian 2.4.4 dan 2.4.6. Untuk jalan sedang nilai V_T nya ditentukan dengan menggunakan diagram dalam gambar 2.7, sementara untuk jalan raya atau satu arah menggunakan diagram dalam gambar 2.8 berikut:



Gambar 2.7 Hubungan V_T dan D_j tipe jalan 2/2TT

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014



Gambar 2.8 Hubungan V_T dan D_j tipe jalan 4/2T dan 6/2T

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014

Laju dari pergerakan suatu kendaraan yang dihitung dalam jarak per satuan waktu (km/jam) disebut kecepatan, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$V = \frac{d}{t}$$

Dimana,

V = kecepatan (km/jam)

d = jarak (km)

t = waktu tempuh (jam)

Setiap kendaraan dalam suatu arus lalu lintas berjalan dengan kecepatan yang berbeda. Metode untuk menghitung kecepatan nilai rata-rata kecepatan:

1. Kecepatan Rata-rata Waktu (TMS)

Kecepatan rata-rata waktu atau *time mean speed* (TMS) yaitu kecepatan rata-rata dari semua kendaraan yang melewati suatu titik dari jalan selama periode waktu tertentu atau nilai rata-rata dari *spot speed*.

$$U_{TMS} = \frac{1}{n} \sum \frac{L}{t_i}$$

Dimana,

U_i = *spot speed* tiap kendaraan yang diamati

n = banyak data/kendaraan yang diamati

2. Kecepatan Rata-rata Ruang (SMS)

Kecepatan rata-rata ruang atau *space mean speed* (SMS) yaitu kecepatan rata-rata dari seluruh kendaraan yang melintasi penggalan jalan selama periode waktu tertentu yang diambil dari seluruh kendaraan yang melintasi suatu jalan. Untuk mendapatkan kecepatan rata-rata kendaraan dengan menggunakan metode *space mean speed* (SMS) digunakan rumus berikut:

$$t_i = \frac{1}{n} \sum \frac{L}{u_i} \text{ sehingga } U_i = \frac{1}{n} \sum \frac{L}{t_i}$$

Dimana,

t_i = waktu tempuh (jam)

n = banyak data/kendaraan

L = jarak (km)

u_i = kecepatan (km/jam)

2.3.8 Waktu tempuh (W_T)

Waktu tempuh adalah total waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk melalui suatu segmen jalan tertentu, termasuk semua waktu tundaan dan berhenti (jam, menit atau detik). Waktu tempuh dapat diketahui dari nilai kecepatan tempuh kendaraan ringan (V_T) dalam menempuh segmen ruas jalan yang dianalisis sepanjang segmen L . Hubungan antara W_T , L dan V_T dapat dilihat dalam persamaan berikut:

$$W_T = \frac{L}{V_T}$$

Dimana,

W_T = waktu tempuh rata-rata kendaraan ringan (jam)

L = panjang segmen (km)

V_T = kecepatan tempuh kendaraan ringan atau *space mean speed/sms* (km/jam)

2.3.9 Kinerja Lalu Lintas Jalan

Diperlukan data geometrik dan lalu lintas eksisting untuk evaluasi kinerja lalu lintas. Menghitung dan menilai D_j , V_T serta T_T merupakan sasaran utama dalam melakukan evaluasi kinerja lalu lintas. Kriteria kinerja lalu lintas ditentukan berdasarkan nilai D_j atau V_T dalam kondisi tertentu. Semakin besar nilai D_j atau semakin tinggi V_T , hal tersebut menunjukkan kinerja lalu lintas yang semakin baik. Untuk jalan arteri dan kolektor, jalan yang sudah layak dipertimbangkan untuk kapasitasnya ditingkatkan adalah jika nilai D_j sudah mencapai 0,85. Sementara untuk jalan lokal jika nilai D_j sudah mencapai 0,90. Untuk jalan terbagi, penilaian kinerja lalu lintasnya harus dikerjakan sesudah mengevaluasi setiap arah, baru kemudian evaluasi keseluruhan.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Tahun 2015, tingkat pelayanan jalan meliputi tingkat pelayanan pada ruas dan tingkat pelayanan pada simpang. Berikut adalah kategori tingkat pelayanan pada ruas:

1. Tingkat pelayanan A ($D_j = 0,00 - 0,19$)

Arus relatif bebas dengan volume lalu lintas rendah, kepadatan lalu lintasnya sangat rendah, serta pengemudi dapat mempertahankan kecepatan yang diinginkan.

2. Tingkat pelayanan B ($D_j = 0,20 - 0,44$)
Arus yang stabil dengan volume lalu lintas sedang, kepadatan lalu lintas rendah hambatan internal lalu lintas belum mempengaruhi kecepatan, namun pengemudi masih punya cukup kebebasan untuk memilih kecepatan dan lajur jalan yang digunakannya.
3. Tingkat pelayanan C ($D_j = 0,45 - 0,74$)
Arusnya stabil tetapi pergerakan kendaraan dikendalikan oleh volume lalu lintas yang lebih tinggi dengan tundaan yang masih dapat diterima, kepadatan lalu lintasnya sedang karena hambatan internal lalu lintasnya meningkat, sehingga pengemudi memiliki keterbatasan untuk memilih kecepatan, pindah lajur atau mendahului.
4. Tingkat pelayanan D ($D_j = 0,75 - 0,84$)
Arus mendekati tidak stabil dengan volume lalu lintas tinggi dan tundaan yang masih dalam toleransi, kepadatan lalu lintas sedang namun fluktuasi volume lalu lintas serta hambatan temporer dapat menyebabkan penurunan kecepatan yang besar, serta kebebasan pengemudi dalam menjalankan kendaraan sangat terbatas, kenyamanan rendah, kondisi dapat ditolerir untuk waktu yang singkat.
5. Tingkat pelayanan E ($D_j = 0,85 - 1,00$)
Arus tidak stabil dengan volume lalu lintas yang mendekati kapasitas jalan, kepadatan lalu lintasnya tinggi karena hambatan internal lalu lintas tinggi, dan pengemudi mulai merasakan kemacetan-kemacetan durasi pendek.
6. Tingkat pelayanan F ($D_j = 0,85 - 1,00$)
Arus tertahan dan terjadi antrian kendaraan yang panjang, kepadatan lalu lintasnya sangat tinggi serta volume rendah dan terjadi kemacetan untuk durasi yang cukup lama, lalu dalam keadaan antrian, kecepatan maupun volume turun sampai nol.

2.4 Faktor Keselamatan Ruas Jalan

Kecelakaan lalu lintas adalah suatu peristiwa di jalan yang tidak diduga dan tidak disengaja melibatkan kendaraan dengan atau tanpa pengguna jalan lain yang mengakibatkan korban manusia dan/atau kerugian harta benda (DPR RI dan Presiden Republik Indonesia, n.d.).

Nilai derajat kejenuhan dan kejadian kecelakaan terdapat hubungan secara tidak langsung karena hubungan dengan kecepatan kendaraan. Kendaraan akan berpeluang bergerak dengan kecepatan tinggi pada ruas jalan yang nilai derajat kejenuhannya rendah, namun apabila nilai derajat kejenuhannya mendekati 1 maka kecepatan kendaraan akan mendekati 0 dan lalu lintas akan macet (Nasution, 2018). Pada nilai derajat kejenuhan yang semakin meningkat/ mendekati 1 angka kecelakaan cenderung menurun (Putra, 2020).

Tingkat kecelakaan (*accident rate*) dihitung dengan membandingkan jumlah kecelakaan dengan panjang jalan (Pignataro, 1973).

$$R = A/L$$

Dimana,

R = Tingkat kecelakaan (kecelakaan/km.tahun)

A = *Accident* atau kecelakaan lalu lintas selama satu tahun (kecelakaan/tahun)

L = Panjang jalan (km)

Penetapan batas kecepatan dimaksudkan untuk mencegah kejadian dan fatalitas kecelakaan serta mempertahankan mobilitas lalu lintas (Direktorat Jendral perhubungan, 2015). Ketentuan umum kecepatan maksimum untuk jalan perkotaan adalah 40 km/jam.

2.5 Pertumbuhan Penduduk

Data kependudukan diperoleh dari sensus penduduk yang dilaksanakan setiap sepuluh tahun sekali. Pada tahun yang tidak dilaksanakan sensus penduduk, data kependudukan diperoleh dari hasil proyeksi penduduk. (Badan Pusat Statistik Kota Tasikmalaya, 2022).

Proyeksi penduduk merupakan perkiraan jumlah penduduk pada masa yang akan datang. Proyeksi yang hasil penyimpangan antara hasil ramalan dan kenyataannya sangat kecil merupakan proyeksi yang baik.

Laju pertumbuhan penduduk adalah angka yang menunjukkan rata-rata tingkat pertambahan penduduk per tahun dalam jangka waktu tertentu. Angka ini dinyatakan sebagai persentase dari penduduk dasar. Metode penghitungan laju pertumbuhan penduduk menggunakan metode geometrik.

Menurut Handiyatmo et al., 2010 proyeksi penduduk dengan metode geometrik menggunakan asumsi bahwa jumlah penduduk akan bertambah secara geometrik menggunakan dasar perhitungan bunga majemuk (Adioetomo dan Samosir, 2010). Laju pertumbuhan penduduk (rate of growth) dianggap sama untuk setiap tahun. Untuk memperoleh angka pertumbuhan penduduk dengan metode geometrik digunakan persamaan berikut:

$$P_t = P_0 (1 + r)^t \quad \text{dengan} \quad r = \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

Dimana:

P_t = jumlah penduduk pada tahun t

P_0 = jumlah penduduk pada tahun dasar

r = laju pertumbuhan penduduk

t = periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

2.6 Pertumbuhan Lalu Lintas

Pertumbuhan volume lalu lintas suatu jalan raya tergantung dengan beberapa faktor yang berhubungan dengan kondisi daerah setempat. Besarannya ini bervariasi, menurut waktu dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian utama yaitu:

1. Perubahan Akibat Pertumbuhan Lalu Lintas

Pertumbuhan volume lalu lintas merupakan gabungan dari ketiga macam pertumbuhan lalu lintas yaitu *normal traffic growth*, *generated traffic*, *development traffic*. (Risdiyanto, 2018).

a. *Normal Traffic Growth*

Pertumbuhan lalu lintas akibat dari bertambahnya kepemilikan kendaraan. Kepemilikan kendaraan dapat dilihat dari jumlah BPKB.

b. *Generated Traffic*

Pertumbuhan lalu lintas yang diakibatkan adanya prasarana baru, karena dengan munculnya prasarana baru maka akan muncul tarikan pergerakan sekaligus bangkitan pergerakan.

c. *Development Traffic*

Pertumbuhan lalu lintas yang diakibatkan perkembangan lingkungan misalnya adanya jalan baru atau perbaikan jalan lama.

2. Variasi Berkala

Variasi yang beraturan dapat digunakan untuk membantu meramalkan volume lalu lintas di waktu yang lain atau dimasa mendatang, sehingga dalam variasi berkala penting untuk diselidiki apakah kejadiannya secara berurutan.

3. Variasi Tak Berkala

Variasi tak berkala ini tak berulang secara beraturan dan dapat disebabkan kejadian diluar dugaan.

2.6.1 Peramalan Lalu Lintas

Peramalan lalu lintas untuk rencana perkerjasama dan manajemen lalu lintas merupakan peramalan jangka pendek yang mana biasanya berkisar antara 0-5 tahun dan maksimum 10 tahun.

Pertumbuhan lalu lintas dapat diperkirakan dengan menganalisis data historis. Ada 3 jenis data historis, yaitu:

1. Pencacahan volume lalu lintas, memberikan pertumbuhan volume lalu lintas pada jalan-jalan tertentu.
2. Data kendaraan yang terdaftar, memberikan jumlah kendaraan yang ada di suatu wilayah.
3. Data statistik penjualan dan konsumsi bahan bakar, digunakan untuk menghitung total perjalanan dalam kendaraan-kilometer.

Perkiraan kondisi di masa yang mendatang dapat dilihat dari kecenderungan, apabila kecenderungan telah ditetapkan dari data historis, maka kecenderungan tersebut dapat di ekstrapolasikan. Proses tersebut hanya memerlukan sedikit data, dan peramalan jangka pendek yang akurat dapat dipersiapkan dengan cepat tanpa survei yang mahal. Namun semakin panjang periode peramalannya, maka semakin besar ketidakpastian tentang nilai yang diperkirakan, karena tidak dapat ditentukan alasan yang mendasar untuk melakukan perjalanan (Hasim, 2019).

Memperkirakan suatu kejadian yang akan terjadi di masa yang akan datang disebut peramalan atau *forecasting* (Iswahyudi, 2016). Hasil peramalan yang baik dapat dilihat dari kecilnya nilai kesalahan meramal atau *forecast error* yang dapat diukur dengan uji MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

Metode peramalan menggunakan regresi linier karena metode ini yang tepat untuk peramalan jangka pendek dan juga jangka panjang. Metode ini termasuk

metode time series yang merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis serangkaian data yang merupakan fungsi dari waktu. Metode regresi linier mempunyai persamaan:

$$Y = a + bx$$

Dimana,

$$a = \frac{\sum y - b \cdot \sum x}{n}$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Keterangan:

Y = Variabel terikat (LHR)

X = Variabel bebas (waktu)

a = Intersep / konstanta

b = Koefisien regresi / slop

2.7 Sistem Dinamik

Model sistem dinamik digunakan untuk merepresentasikan, menganalisa, serta menjelaskan dinamika dari sistem yang kompleks. Metode sistem dinamik mempelajari masalah dengan sudut pandang sistem, yang mana elemen sistem tersebut saling berinteraksi didalam suatu hubungan umpan balik, sehingga menghasilkan perilaku tertentu. (Sriwana, Iphov Kumala 2017).

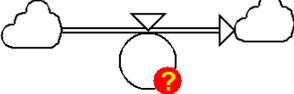
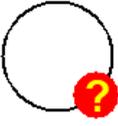
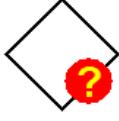
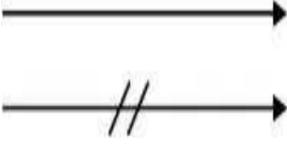
Interaksi dalam struktur tersebut diterjemahkan ke dalam model-model matematik yang selanjutnya dengan bantuan komputer digital disimulasikan untuk memperoleh perilaku historisnya (Wirabhuana, 2009).

Sistem dinamik berfokus pada struktur dan perilaku sistem yang terdiri dari antar variabel dan umpan balik. Proses umpan balik tersebut dikelompokkan menjadi dua yaitu umpan balik positif dan negatif.

2.8 Power Simulation (Powersim)

Powersim merupakan perangkat lunak untuk membangun sebuah model simulasi bergerak. Suatu sistem yang menggambarkan hubungan antara variabel (menggambarkan struktur dari model) disebut diagram alir. Model yang dibangun menggunakan *power sim* berbentuk simbol dan simulasinya mengikuti metode sistem dinamik. Variabel dalam Powersim adalah sebagai berikut:

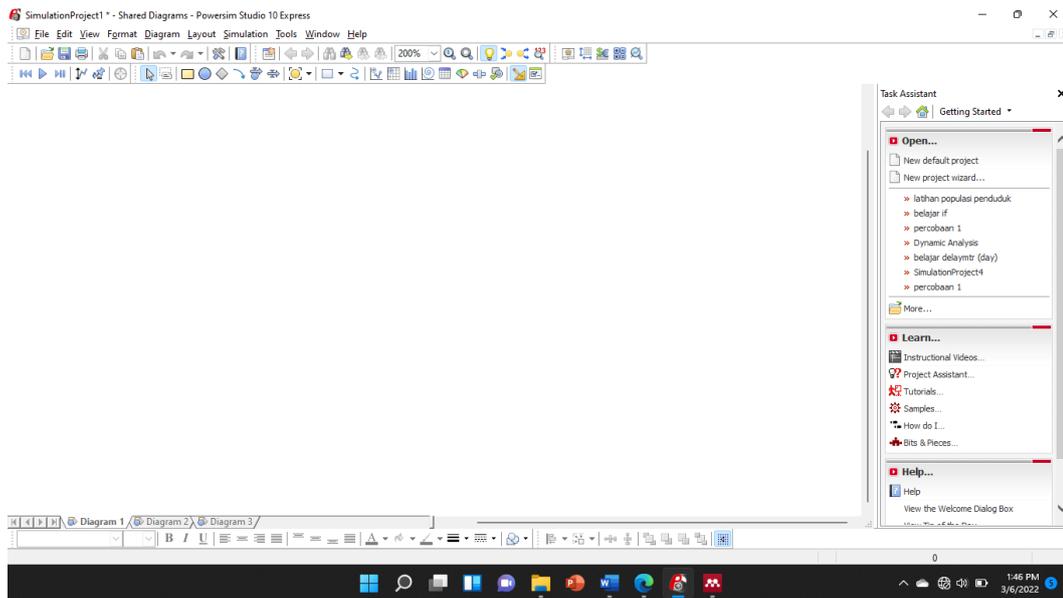
Tabel 2.18 Variabel dalam Powersim

No.	Nama Variabel	Keterangan	Simbol
1.	<i>Level (Stocks)</i>	Tipe variabel yang mana merupakan perubahan akumulasinya. Level akan dipengaruhi oleh <i>rate (flow)</i> . Konstan namun tidak ada satuan waktu.	 Level_1
2.	<i>Rate (Flow)</i>	Tipe variabel yang akan mempengaruhi variabel <i>level</i> . Ada aliran yang menuju atau mengakhiri atau keluaran dari <i>level</i> .	 Rate_1
3.	<i>Auxillary</i>	Tipe variabel yang mana memuat perhitungan dasar pada variabel lain. Dilakukan untuk operasional.	 Auxiliary_1
4.	<i>Constant</i>	Tipe variabel yang memuat nilai tetap yang akan digunakan dalam perhitungan variabel <i>auxillary</i> atau <i>flow</i> .	 Constant_1
5.	<i>Link</i>	Sebuah alat yang menghubungkan antara satu variabel dengan variabel lainnya. <i>Link</i> dibedakan menjadi dua yaitu <i>link</i> dan <i>delayed link</i> .	

Sumber : Laboratorium Pemodelan dan Simulasi Industri, 2018

Fungsi-fungsi dalam *Powersim*:

1. IF (menggambarkan suatu kondisi)
2. Graph (bila data berupa tabel/ menunjukkan hubungan non linier)
3. Delay (apabila ada ketertundaan atau sesuatu yang tidak langsung)
Jenis delay ada delay material, delay informasi, delay pipeline.
4. Step (penambahan nilai secara kontinu)
5. Pulse (penambahan nilai secara periodik/berkala)
6. Timecycle (menguji siklus waktu/interval waktu)



Gambar 2.9 Tampilan dalam Powersim

2.8.1 Causal Loop Diagram

Tahap konseptualisasi sistem dalam pemodelan *flow diagram* tidak dapat dipisahkan dari pemodelan *causal loop diagram*, karena dari pemodelan *causal loop diagram* tersebut dapat diketahui variabel dan hubungannya, sehingga dalam pemodelan *flow diagram* hanya perlu mengembangkan model dari model *causal loop diagram*.

Causal loop diagram atau diagram simpal kausal adalah pengungkapan tentang kejadian hubungan sebab akibat ke dalam bahasa gambar tertentu. Bahasa gambar tersebut dibuat dalam bentuk panah yang saling berkaitan, sehingga membentuk diagram simpal (*causal loop*), yang mana hulu panah menunjukkan sebab dan ujung panah menunjukkan akibat.

Proses umpan balik dikelompokkan menjadi dua yaitu umpan balik positif dan negatif. Untuk mengetahui apakah proses tersebut bersifat positif atau negatif dilihat dari keseluruhan apakah interaksi panah-panah dalam simpal tersebut menghasilkan proses searah atau tidak.

2.8.2 Validasi

Kesesuaian hasil simulasi dengan proses yang ditirukan atau dimodelkan dapat diketahui dengan melakukan validasi. Model dinyatakan baik jika kesalahan hasil simulasi terhadap proses yang ditirukan atau dimodelkan kecil.

Kecenderungan di masa mendatang dapat diketahui dengan memahami perilaku gejala atau proses melalui hasil simulasi tersebut sebagai dasar pengambilan keputusan untuk merumuskan suatu kebijakan di masa mendatang.

Validasi dapat dilakukan dengan membandingkan antara tingkah laku model dengan sistem nyata yaitu dengan uji MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). Nilai tengah kesalahan persentase absolut atau MAPE merupakan salah satu ukuran relatif yang menyangkut kesalahan persentase. Uji tersebut digunakan untuk mengetahui kesesuaian data hasil simulasi dengan data aktual. Perhitungan MAPE adalah sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \frac{[X_s - X_a]}{X_a} \times 100\%$$

Keterangan:

X_s = data hasil simulasi

X_a = data aktual

n = periode / banyak data

Semakin rendah nilai MAPE, model peramalan dapat dikatakan memiliki kemampuan yang baik. Signifikansi nilai MAPE dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.19 Signifikansi Nilai MAPE

MAPE	Signifikansi
<10%	Kemampuan peramalan sangat baik
10-20%	Kemampuan peramalan baik
20-50%	Kemampuan peramalan layak
>50%	Kemampuan peramalan buruk

Sumber: (Lewis, 1982)