

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Transportasi

Sistem transportasi adalah suatu bentuk keterkaitan dan keterkaitan antara penumpang, barang, prasarana dan sarana yang berinteraksi dalam rangka perpindahan orang atau barang yang tercakup dalam suatu tatanan, baik secara alami ataupun buatan/rekayasa. Sistem transportasi diselenggarakan dengan maksud untuk mengkoordinasi proses pergerakan penumpang dan barang dengan mengatur komponen – komponennya di mana prasarana merupakan media untuk proses transportasi, sedangkan sarana merupakan alat yang digunakan dalam proses transportasi.

Tujuan dari sistem transportasi adalah untuk mencapai proses transportasi penumpang dan barang secara optimal dalam ruang dan waktu tertentu, dengan mempertimbangkan faktor keamanan, kenyamanan dan kelancaran, serta efisiensi waktu dan biaya. Sistem pergerakan yang aman, cepat, nyaman, murah, handal dan sesuai dengan lingkungannya dapat tercipta jika pergerakan tersebut diatur oleh sistem rekayasa dan manajemen lalu lintas yang baik (Tamin, 2000).

Transportasi merupakan suatu satuan dari elemen-elemen yang saling mendukung dalam pengadaan transportasi. Elemen-elemen transportasi tersebut adalah

1. Manusia dan barang (yang diangkut).
2. Kendaraan dan peti emas (alat angkut).
3. Jalan (tempat alat angkut bergerak).
4. Terminal.
5. Sistem pengoperasian.

Menurut Khisty & Lall, (2003) empat elemen utama transportasi adalah :

1. Sarana perhubungan (*link*), yaitu jalan raya atau jalur yang menghubungkan dua titik atau lebih. Pipa, jalur darat, jalur laut, dan jalur penerbangan juga dapat dikategorikan sebagai sarana perhubungan.

2. Kendaraan, yaitu alat yang memindahkan manusia dan barang dari satu titik ke titik lainnya di sepanjang sarana perhubungan. Contohnya mobil, bus, kapal, kereta dan pesawat terbang.
3. Terminal, yaitu titik-titik dimana perjalanan orang dan barang dimulai atau berakhir. Contoh: garasi mobil, lapangan parkir, gudang bongkar muat, terminal bis, stasiun kereta dan bandar udara.
4. Manajemen dan tenaga kerja, yaitu orang-orang yang membuat, mengoperasikan, mengatur dan memelihara sarana perhubungan, kendaraan dan terminal.

Keempat elemen di atas berinteraksi dengan manusia sebagai pengguna maupun non pengguna sistem, dan berinteraksi pula dengan lingkungan. Pada dasarnya sistem transportasi terdiri dari prasarana, kebutuhan pergerakan, dan lalu lintas yang saling berkaitan satu sama lain. Lalu lintas terbentuk sebagai hasil interaksi antara ketersediaan prasarana (*transport supply*) dan kebutuhan akan pergerakan (*transport demand*).

2.2 Karakteristik Lalu Lintas

Arus lalu lintas terbentuk dari pergerakan individu pengendara yang melakukan interaksi antara yang satu dengan yang lainnya pada suatu ruas jalan dan lingkungannya. Karena persepsi dan kemampuan individu pengemudi mempunyai sifat yang berbeda maka perilaku kendaraan arus lalu lintas tidak dapat diseragamkan lebih lanjut, arus lalu lintas akan mengalami perbedaan karakteristik akibat dari perilaku pengemudi yang berbeda yang dikarenakan oleh karakteristik lokal dan kebiasaan pengemudi. Sehingga arus pada ruas jalan tentu bervariasi.

Dalam sebuah aliran lalu lintas pada suatu ruas jalan raya terdapat 3 (tiga) variabel utama yang digunakan untuk mengetahui karakteristik arus lalu lintas yaitu volume (*flow*), kecepatan (*speed*) dan kepadatan (*density*), di dalam analisis hubungan lalu lintas disebutkan bahwa hubungan antara ketiga variabel dinamakan model aliran lalu lintas (Wohl & Brian, 1967).

Karakteristik lalu lintas dapat diamati dengan cara makroskopik atau mikroskopik. Pada tingkat mikroskopik analisis dilakukan secara individu

sedangkan pada tingkat makroskopik analisis dilakukan secara kelompok (Soedirdjo, 2002).

Tabel 2.1 Kerangka Dasar Karakteristik Lalu Lintas

Karakteristik Lalu Lintas	Mikroskopik	Makroskopik
Volume/Arus	Waktu antrean (<i>time headway</i>)	Tingkat arus
Kecepatan	Kecepatan individu	Kecepatan rata-rata
Kepadatan	Jarak antrean (<i>distance headway</i>)	Tingkat kepadatan

Karakteristik arus makroskopik dinyatakan dengan tingkat arus dan pembahasan akan ditekankan pada pola variasi dalam waktu, ruang dan jenis kendaraan. Sedangkan karakteristik kecepatan makroskopik menganalisis kecepatan dari kelompok kendaraan yang melintas suatu titik pengamat atau suatu potongan jalan pendek selama periode waktu tertentu. Penekanan diberikan pada variasi waktu, ruang dan jenis kendaraan. Karakteristik kepadatan makroskopik dinyatakan sebagai sejumlah kendaraan yang menempati suatu potongan jalan. Kepadatan merupakan karakteristik penting yang dapat digunakan dalam menilai kinerja lalu lintas dari sudut pandang pemakai jalan dan pengelola jalan.

2.2.1 Arus dan Volume Lalu Lintas (*flow*)

Menurut PKJI 2014, arus lalu lintas merupakan jumlah kendaraan bermotor yang melalui suatu titik pada suatu penggal jalan per satuan waktu yang dinyatakan dalam satuan kend/jam (Q_{kend}), atau skr/jam (Q_{skr}), atau skr/hari Lalu-lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT). Volume dapat dinyatakan dalam periode waktu lain seperti tahunan, harian, jam atau sub jam. Volume dibawah satu jam (sub jam) seperti 15 menitan dikenal dengan istilah *rate of flow* atau nilai arus. Untuk mendapatkan nilai arus suatu segmen jalan yang terdiri dari banyak tipe kendaraan, tipe kendaraan tersebut harus dikonversi ke dalam satuan kendaraan ringan (skr). Konversi kendaraan ke dalam satuan skr diperlukan angka faktor ekivalen (ekr) untuk berbagai jenis kendaraan (Zulrehansyah, 2021).

Dalam analisis arus lalu lintas, tipe kendaraan yang diamati di lapangan adalah sebagai berikut :

- Sepeda motor (SM) adalah kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda (meliputi: sepeda motor dan kendaraan roda tiga sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

- Kendaraan ringan (KR) adalah ber as dua dengan empat roda dan dengan jarak as 2,0 – 3,0 m (meliputi: mobil penumpang, oplet, mikro bis, *pick up* dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
- Kendaraan berat (KB) adalah kendaraan dengan lebih dari empat roda (meliputi: bis, truk 2as, truk 3as dan truk kombinasi sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

Dalam analisis perhitungan arus lalu lintas dengan mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 menggunakan ekr atau ekivalensi kendaraan ringan seperti pada tabel berikut.

Tabel 2.2 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}	
			≤ 6 m	> 6 m
2/2TT	> 3700	1,3	0,50	0,40
	≥ 1800	1,2	0,35	0,25

Sumber : (PKJI, 2014)

Tabel 2.3 Ekivalen 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 6/2T	< 1100	1,3	0,40
	≥ 1100	1,2	0,25

Sumber : (PKJI, 2014)

Analisis volume lalu lintas dilakukan dalam satuan skr/jam dengan melakukan konversi volume lalu lintas hasil survei lapangan dalam satuan kend/jam menggunakan faktor ekr tiap jenis kendaraan bermotor seperti persamaan berikut:

$$q = [(ekr_{KR} \times KR) + (ekr_{KB} \times KB) + (ekr_{SM} \times SM)] \quad (2-1)$$

Keterangan :

q = Jumlah arus atau volume kendaraan (skr/jam)

ekr = Ekivalensi kendaraan ringan

KR = Kendaraan ringan

KB = Kendaraan berat

SM = Sepeda motor

2.2.2 Kecepatan (*Speed*)

Kecepatan adalah besaran yang menunjukkan jarak yang ditempuh kendaraan dibagi waktu tempuh (Soedirdjo, 2002).

Menurut Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas dan Angkutan Kota (1999), ada empat klasifikasi utama yang sering digunakan dalam mempelajari kecepatan arus lalu lintas, yaitu:

1. Kecepatan titik/sesaat (*spot speed*), yaitu kecepatan kendaraan sesaat pada waktu kendaraan tersebut melintasi suatu titik tetap tertentu di jalan.
2. Kecepatan perjalanan (*journey speed*), yaitu kecepatan rata-rata kendaraan efektif antara dua titik tertentu di jalan, yang dapat ditentukan dari jarak perjalanan dibagi dengan total waktu perjalanan.
3. Kecepatan bergerak (*running speed*), yaitu kecepatan rata-rata kendaraan untuk melintasi suatu jarak tertentu dalam kondisi kendaraan tetap berjalan, yaitu kondisi setelah dikurangi oleh waktu hambatan terjadi (misalnya hambatan pada persimpangan). Kecepatan bergerak ini dapat ditentukan dari jarak perjalanan dibagi dengan total waktu perjalanan yang telah dikurangi dengan waktu berhenti karena adanya hambatan yang disebabkan gangguan yang terjadi pada lalu lintas.
4. Hambatan (*delay*)
 - Hambatan tetap (*fixed delay*)
 - Hambatan bergerak (*running delay*)

Tabel 2.4 Rekomendasi Panjang Jalan untuk Studi Kecepatan Setempat

Perkiraan kecepatan rata-rata arus lalu lintas (km/jam)	Penggal jalan (m)
< 40	25
40 – 65	50
> 65	75

Sumber : (PKJI, 2014)

Dalam pergerakan arus lalu lintas, tiap kendaraan berjalan pada kecepatan yang berbeda. Dengan demikian dalam arus lalu lintas tidak dikenal kecepatan tunggal tetapi lebih dikenal sebagai distribusi dari kecepatan kendaraan tunggal. Dari distribusi tersebut jumlah rata – rata atau nilai tipikal dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik dari arus lalu lintas.

Kecepatan dapat didefinisikan dengan persamaan berikut :

$$\bar{U}_{sr} = \frac{x}{t} \quad (2-2)$$

Keterangan :

\bar{U} = Kecepatan (km/jam)

x = Jarak tempuh kendaraan (km)

t = Waktu tempuh kendaraan (jam)

Kecepatan kendaraan pada suatu bagian jalan, akan berubah-ubah menurut waktu dan besarnya lalu lintas. Ada 2 (dua) hal penting yang perlu diperhatikan dalam menilai hasil studi kecepatan yaitu :

- a. Kecepatan rata-rata ruang (\bar{U}_{sr}), menyatakan kecepatan rata-rata kendaraan dalam suatu bagian jalan pada suatu interval waktu tertentu dinyatakan dalam km/jam.
- b. Kecepatan rata-rata waktu (\bar{U}_t), menyatakan kecepatan rata-rata kendaraan yang melewati suatu titik dalam interval waktu tertentu yang dinyatakan dalam km/jam.

Kecepatan rata-rata ruang dan kecepatan rata-rata waktu dapat dihitung dari pengukuran waktu tempuh dan jarak menurut rumus berikut :

$$\bar{U}_t = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{x}{t_i}}{n} \quad (2-3)$$

$$\bar{U}_{sr} = \frac{x \cdot n}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad \text{atau} \quad \bar{U}_{sr} = \frac{x}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i} \quad (2-4)$$

Keterangan :

\bar{U}_t = Kecepatan rata-rata waktu (km/jam)

\bar{U}_{sr} = Kecepatan rata-rata ruang (km/jam)

x = Jarak tempuh (km)

t_i = Waktu tempuh kendaraan (jam)

n = Jumlah kendaraan yang diamati

Kedua jenis kecepatan di atas sangat berguna dalam studi mengenai hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan. Penggunaan rumus di atas dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.5 Contoh Perhitungan Kecepatan Rata-rata Waktu dan Ruang

No. Kendaraan	Jarak (meter) (x_i)	Waktu Tempuh (detik)	Kecepatan (km/jam) $x_i / t_i * (3,6)$
1	25	4.3	20.9
2	25	4.6	19.6
3	25	5.5	16.4
4	25	5.8	15.5
5	25	6.5	13.8
Total	125	26.7	86.2
Rata – rata		$26.7 / 5 = 5.34$	$86.2 / 5 = 17.24$
$\bar{U}_t = 17.24$ km/jam			
$\bar{U}_{sr} = (125 / 26.7) \times 3.6 = 16.8$ km/jam			

Disebabkan karena sampel data yang diambil adalah terbatas pada periode waktu tertentu pada suatu titik dan harus mengikutsertakan beberapa kendaraan yang bejalan cepat, akan tetapi pada saat pengambilan data dilaksanakan kendaraan yang bejalan lambat juga harus diikutsertakan. Oleh karena itu, pendekatan antara kecepatan setempat dan dan kecepatan rata-rata ruang digunakan persamaan berikut:

$$\bar{U}_{sr} = \bar{U}_t - \frac{S^2}{\bar{U}_t} \quad (2-5)$$

$$S = \frac{\sum (x_i - \bar{X})}{n-1} \quad (2-6)$$

Keterangan :

S = Standar deviasi dari kecepatan setempat.

\bar{X} = Rata-rata

2.2.3 Kepadatan (*density*)

Kepadatan adalah sebagai jumlah kendaraan yang menempati panjang ruas jalan tertentu atau lajur yang umumnya dinyatakan sebagai jumlah kendaraan per kilometer (Alamsyah, 2008).

Menurut Soedirdjo, (2002), kepadatan adalah jumlah kendaraan yang menggunakan suatu panjang jalan, pada umumnya ditentukan panjang 1 km dan satu lajur jalan. Kepadatan lalu lintas bervariasi dari nol (tidak ada kendaraan di

suatu lajur sepanjang 1 km) sampai nilai yang menyatakan antrian kendaraan yang cukup rapat dan tidak dapat bergerak. Batas atas ini disebut kepadatan macet, dan umumnya antara 115 sampai 156 kendaraan per km.

Kepadatan sukar diukur secara langsung (karena diperlukan titik ketinggian tertentu yang dapat mengamati jumlah kendaraan dalam panjang ruas jalan tertentu), sehingga besarnya ditentukan dari dua parameter sebelumnya, yaitu kecepatan dan volume (Alamsyah, 2008). Dimana kepadatan, kecepatan dan volume mempunyai hubungan sebagai berikut:

$$q = \bar{U}_{sr} \times k \quad (2-7)$$

$$\text{dan } k = \frac{q}{\bar{U}_{sr}} \quad (2-8)$$

Keterangan :

k = Kepadatan (smp/km)

q = Volume lalu lintas (smp/jam)

\bar{U}_{sr} = Kecepatan rata-rata ruang (km/jam)

2.3 Kinerja Jalan

Menurut PKJI 2014, kinerja lalu lintas menyatakan kualitas pelayanan suatu segmen jalan terhadap arus lalu lintas yang dilayaninya yang dinyatakan oleh nilai-nilai derajat kejenuhan dan kecepatan tempuh. Nilai Dj mencerminkan kuantitas pelayanan jalan berkaitan dengan kemampuan jalan mengalirkan arus lalu lintas, apakah segmen jalan yang ada memberikan pelayanan yang baik atau dimensi jalan yang ada mengalami masalah. Nilai Dj dengan kecepatan tempuh yang tinggi mencerminkan kualitas pelayanan jalan yang sangat baik, tetapi sebaiknya, nilai Dj yang kecil tetapi memiliki kecepatan tempuh yang kecil menunjukkan kualitas pelayanan jalan yang rendah.

Kinerja ruas jalan merupakan suatu pengukuran kuantitatif yang menggambarkan kondisi tertentu yang terjadi pada suatu ruas jalan. Umumnya dalam menilai suatu kinerja jalan dapat dilihat dari kapasitas dan derajat kejenuhan melalui suatu kajian mengenai kinerja ruas jalan. Ukuran kualitatif yang menerangkan kondisi operasional dalam arus lalu lintas dan persepsi pengemudi tentang kualitas berkendara dinyatakan dengan tingkat pelayanan

ruas jalan. Parameter-parameter yang digunakan untuk menentukan kinerja ruas jalan, adalah sebagai berikut:

1. Kapasitas.
2. Hambatan Samping.
3. Derajat Kejenuhan
4. Tingkat Pelayanan

2.3.1 Kapasitas

Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum yang melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam pada kondisi tertentu. Dinyatakan dalam jumlah kendaraan yang melewati potongan jalan dalam satu jam (kend/jam). Untuk jalan satu arah dan dua lajur dua arah, kapasitas ditentukan oleh masing – masing arah lalu lintas, tetapi untuk jalan banyak lajur, arus dipisahkan per arah dan kapasitas ditentukan per lajur. Persamaan dasar untuk menentukan kapasitas adalah sebagai berikut:

$$C = C_O \times FC_{LJ} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK} \quad (2-9)$$

Keterangan :

C = Kapasitas (skr/jam)

C_O = Kapasitas dasar (skr/jam)

FC_{LJ} = Faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalur lalu lintas

FC_{PA} = Faktor penyesuaian kapasitas akibat pemisahan arah

FC_{HS} = Faktor penyesuaian kapasitas akibat hambatan samping

FC_{UK} = Faktor penyesuaian kapasitas terkait ukuran kota

Kapasitas dasar (C_O), tergantung pada tipe jalan, jumlah lajur dari atau adanya pemisah fisik. Besarnya kapasitas dasar jalan kota yang dijadikan acuan tertera pada tabel berikut:

Tabel 2.6 Kapasitas Dasar Jalan Perkotaan

Tipe Jalan Kota	Kapasitas dasar C_O (skr/jam)	Catatan
4/2T atau Jalan satu-arah	1650	Per lajur (satu arah)
2/2TT	2900	Per lajur (dua arah)

Sumber : (PKJI, 2014)

Nilai untuk faktor penyesuaian kapasitas dasar akibat lebar jalur lalu lintas dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.7 Faktor Penyesuaian Kapasitas Terkait Lebar Lajur atau Jalur Lalu Lintas (FC_{LJ})

Tipe Jalan	Lebar Efektif Jalur Lalu Lintas, W_c (m)	FC_{LJ}
4/2T, 6/2T, 8/2T atau Jalan satu arah	Lebar per jalur:	
	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
2/2TT	4,00	1,08
	Lebar jalur 2 arah :	
	5,00	0,56
	6,00	0,87
	7,00	1,00
	8,00	1,14
	9,00	1,25
	10,0	1,29
	11,0	1,34

Sumber : (PKJI, 2014)

Faktor penyesuaian kapasitas terkait pemisah arah hanya pada jalan tak terbagi (FC_{PA}), dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Faktor Penyesuaian Kapasitas Terkait Pemisah Arah

Pemisah Arah PA %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FC_{PA}	Dua-lajur: 2L2A	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat-lajur: 4L2A	1,00	0,975	0,95	0,925	0,90

Sumber : (PKJI, 2014)

Berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014, faktor penyesuaian kapasitas akibat hambatan samping dan bahu jalan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.9 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FC_{HS})

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	FC_{HS}			
		Lebar Bahu Efektif, W_s (m)			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
	Sangat Rendah	0,99	1,00	1,01	1,03
	Rendah	0,96	0,97	0,99	1,01

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	FC _{HS}			
		Lebar Bahu Efektif, W _s (m)			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 2,0
4/2T	Sedang	0,93	0,95	0,96	0,99
	Tinggi	0,90	0,92	0,95	0,97
	Sangat Tinggi	0,88	0,90	0,93	0,96
2/2TT dan 4/2TT	Sangat Rendah	0,97	0,99	1,00	1,02
	Rendah	0,93	0,95	0,97	1,00
	Sedang	0,88	0,91	0,94	0,98
	Tinggi	0,84	0,87	0,91	0,95
	Sangat Tinggi	0,80	0,83	0,88	0,93

Sumber : (PKJI, 2014)

Faktor penyesuaian kapasitas untuk ukuran kota didasarkan pada jumlah penduduk. Berikut tabel faktor penyesuaian kapasitas untuk ukuran kota.

Tabel 2.10 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Ukuran Kota (FC_{UK})

Ukuran Kota (Juta Penduduk)	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 : (PKJI, 2014)

2.3.2 Hambatan Samping

Hambatan samping adalah kegiatan di samping segmen jalan yang berpengaruh terhadap kinerja lalu lintas. Hambatan samping juga dapat diartikan sebagai aktivasi manusia (seperti pedagang kaki lima, kereta dorong) maupun kendaraan berhenti yang dapat merugikan pengguna jalan dan berdampak pada arus lalu lintas. Hambatan samping berpengaruh besar terhadap arus lalu lintas dan sering menimbulkan konflik. Kegiatan sisi jalan yang termasuk hambatan samping sebagai berikut.

1. Pejalan kaki yang berjalan atau menyeberang sepanjang segmen jalan (*PED: Pedestrian*).
2. Angkutan umum dan kendaraan lain yang berhenti dan parkir (*PSV: Parking and Stopping of Vehicle*).
3. Kendaraan bermotor yang keluar masuk dari samping/sisi jalan (*EEV: Entry and Exit of Vehicle*).

4. Arus kendaraan yang bergerak lambat (*SMV: Slow Moving Vehicle*).

Tabel 2.11 Efisiensi Hambatan Samping

Hambatan Samping	Simbol	Faktor Bobot
Pejalan kaki	PED	0,5
Parkir dan kendaraan berhenti	PSV	1,0
Kendaraan masuk dan keluar	EEV	0,7
Kendaraan lambat	SMV	0,4

Sumber : (PKJI, 2014)

Kelas hambatan samping untuk jalan perkotaan berdasarkan jumlah bobot kejadian per jam dengan berbagai macam kondisi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.12 Kriteria Kelas Hambatan Samping

Kode Hambatan Samping	Kode	Jumlah Bobot Kejadian/jam	Kodisi Khusus
Sangat Rendah	SR	< 100	Daerah pemukiman, tersedia jalan lingkungan.
Rendah	R	100 – 299	Daerah pemukiman, ada beberapa angkutan umum.
Sedang	S	300 – 499	Daerah industri, ada beberapa toko di sepanjang sisi jalan.
Tinggi	T	500 – 899	Daerah komersial, aktivitas sisi jalan yang tinggi.
Sangat Tinggi	ST	> 900	Daerah komersial, ada aktivitas pasar sisi jalan.

Sumber : (PKJI, 2014)

2.3.3 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan merupakan rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas jalan, digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai D_J menunjukkan apakah segmen jalan mempunyai masalah kapasitas atau tidak, dirumuskan:

$$D_J = \frac{q}{c} \quad (2-10)$$

Keterangan :

 D_J = Derajat kejenuhan q = Volume lalu lintas (skr/jam) C = Kapasitas (skr/jam)

Jika nilai $D_J < 0,75$, maka jalan tersebut masih layak, tetapi jika $D_J > 0,75$, maka diperlukan penanganan pada jalan tersebut untuk mengurangi kepadatan atau kemacetan. Kemacetan lalu lintas pada suatu ruas jalan disebabkan oleh volume lalu lintas yang melebihi kapasitas yang ada. Solusi yang dapat dilakukan adalah dengan menaikkan kapasitas atau mengurangi volume lalu lintas. Biasanya kapasitas dapat diperbaiki dengan mengurangi penyebab gangguan pada jalan, misalnya dengan memindahkan tempat parkir, mengontrol pejalan kaki atau dengan memindahkan lalu lintas ke rute yang lainnya atau mungkin dengan cara pengaturan yang lain seperti membuat jalan satu arah.

2.3.4 Tingkat Pelayanan (*Level of Service*)

Tingkat pelayanan adalah kemampuan ruas jalan atau persimpangan untuk menampung lalu lintas pada keadaan tertentu selain itu untuk mengetahui suatu ruas jalan dalam melayani arus lalu lintas. Perilaku lalu lintas diwakili oleh tingkat pelayanan (LOS) yaitu, ukuran kualitatif yang mencerminkan persepsi para pengemudi dan penumpang mengenai karakteristik kondisi operasional dalam arus lalu lintas.

Tabel 2.13 Tingkat Pelayanan (LOS)

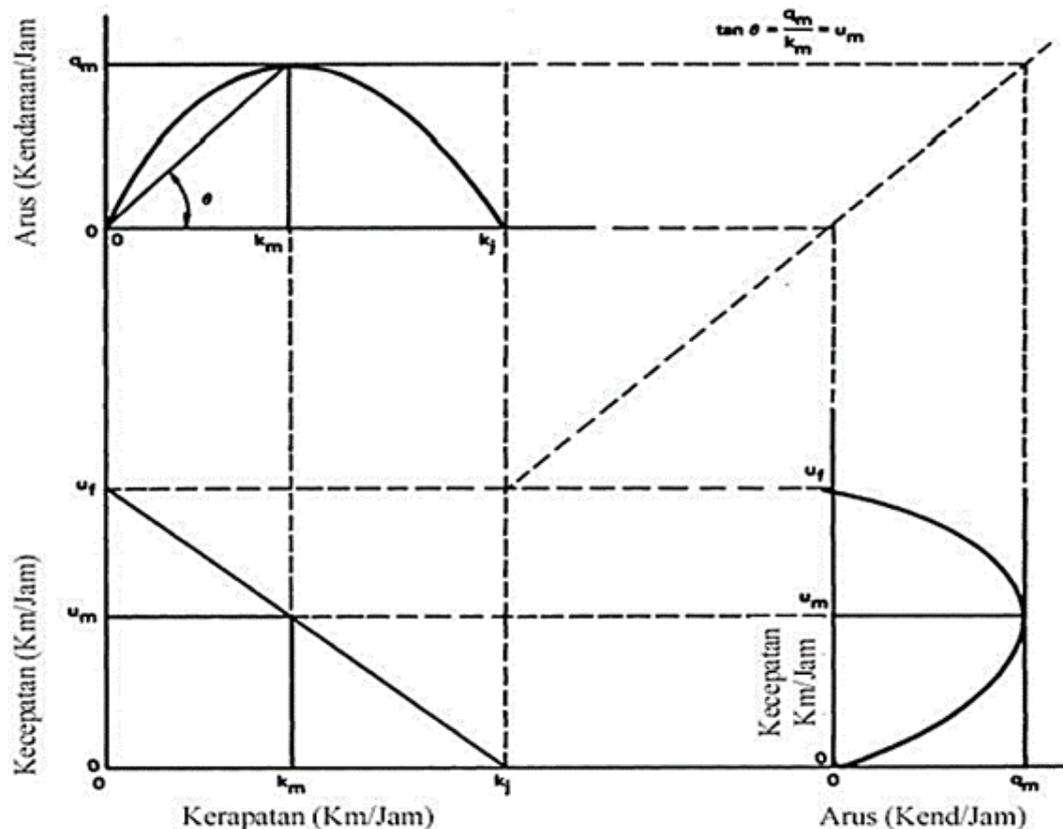
Tingkat Pelayanan (LOS)	q/C	Karakteristik
A	$\leq 0,19$	<ul style="list-style-type: none"> Kecepatan lalu lintas 100 km/jam. Volume lalu lintas sekitar 30% dari kapasitas.
B	0,20 – 0,44	<ul style="list-style-type: none"> Awal dari kondisi arus stabil. Kecepatan lalu lintas sekitar ≥ 90 km/jam. Volume lalu lintas tidak melebihi 50% kapasitas.
C	0,45 – 0,74	<ul style="list-style-type: none"> Arus stabil. Kecepatan perjalanan rata-rata turun s/d ≥ 70 km/jam. Volume lalu lintas tidak melebihi 75% kapasitas.
D	0,75 – 0,84	<ul style="list-style-type: none"> Mendekati arus tidak stabil. Kecepatan perjalanan rata-rata turun s/d ≤ 50 km/jam. Volume lalu lintas sampai 90% kapasitas.

Tingkat Pelayanan (LOS)	q/C	Karakteristik
E	0,85 – 1,00	<ul style="list-style-type: none"> Arus tidak stabil, terhambat, dengan tundaan yang tidak dapat ditolerir. Kecepatan perjalanan 40 km/jam.
F	$\geq 1,00$	<ul style="list-style-type: none"> Arus tertahan, kondisi terhambat. Kecepatan perjalanan rata-rata ≤ 40 km/jam.

Sumber : (Tamin, 2000)

2.4 Hubungan Antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan

Hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan menggambarkan tentang aliran lalu lintas tak terinterupsi (*uninterrupted traffic stream*), dimana volume merupakan hasil dari kecepatan dan kepadatan. Sementara itu hubungan tersebut untuk lalu lintas yang stabil, kombinasi variabel yang menghasilkan hubungan dua dimensi. Gambar di bawah mengilustrasikan tentang bentuk umum hubungan volume, kecepatan dan kepadatan.



Gambar 2.1 Hubungan antara Arus, Kecepatan dan Kepadatan

Sumber : (Soedirdjo, 2002)

Keterangan :

q_m = Kapasitas, arus maksimum (skr/jam)

U_m = Kecepatan kritis, kecepatan pada kondisi arus maksimum (km/jam)

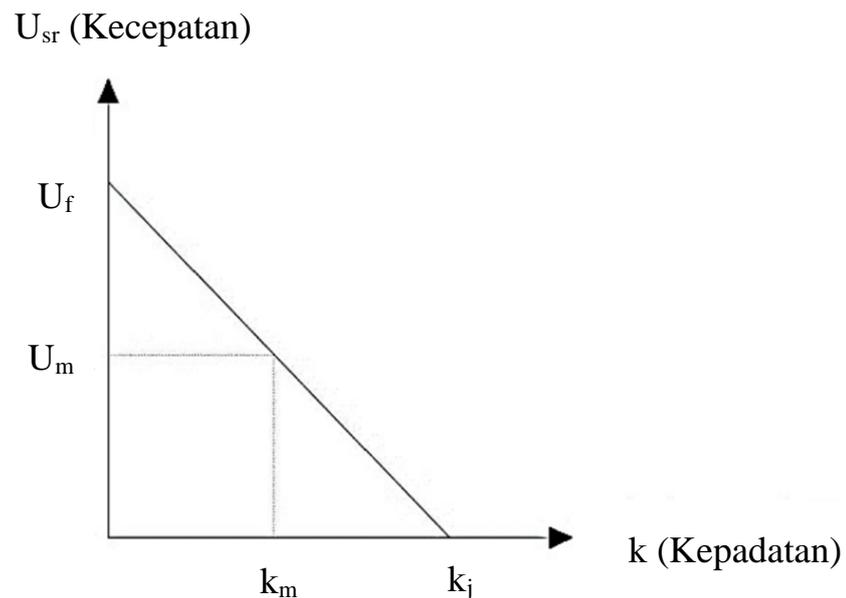
k_m = Kepadatan kritis, kepadatan pada kondisi arus maksimum (skr/km)

k_j = Kepadatan pada kondisi arus macet total (skr/km)

U_f = Kecepatan pada kondisi arus sangat rendah atau pada kondisi kepadatan mendekati nol, kecepatan arus bebas (km/jam)

Perlu diketahui, arus “nol” (tidak ada arus) terjadi dalam dua kondisi. Ketika tidak ada kendaraan di jalan raya berarti kepadatannya nol, dimana kecepatan teoritis didasarkan pada “kecepatan arus bebas” (*free flow speed*) yang merupakan kecepatan tertinggi bagi kendaraan yang sendirian. Namun demikian, arus “nol” juga terjadi ketika kepadatan begitu tinggi sehingga kendaraan yang akan bergerak harus berhenti menyebabkan terjadi kemacetan lalu lintas yang disebut dengan istilah *traffic jam*. Pada kondisi ini, semua kendaraan berhenti sehingga tidak ada kendaraan yang lewat pada suatu ruas jalan tersebut.

2.4.1 Hubungan antara Kecepatan dan Kepadatan



Gambar 2.2 Grafik Hubungan antara Kecepatan (\bar{U}_{sr}) dan Kepadatan (k)

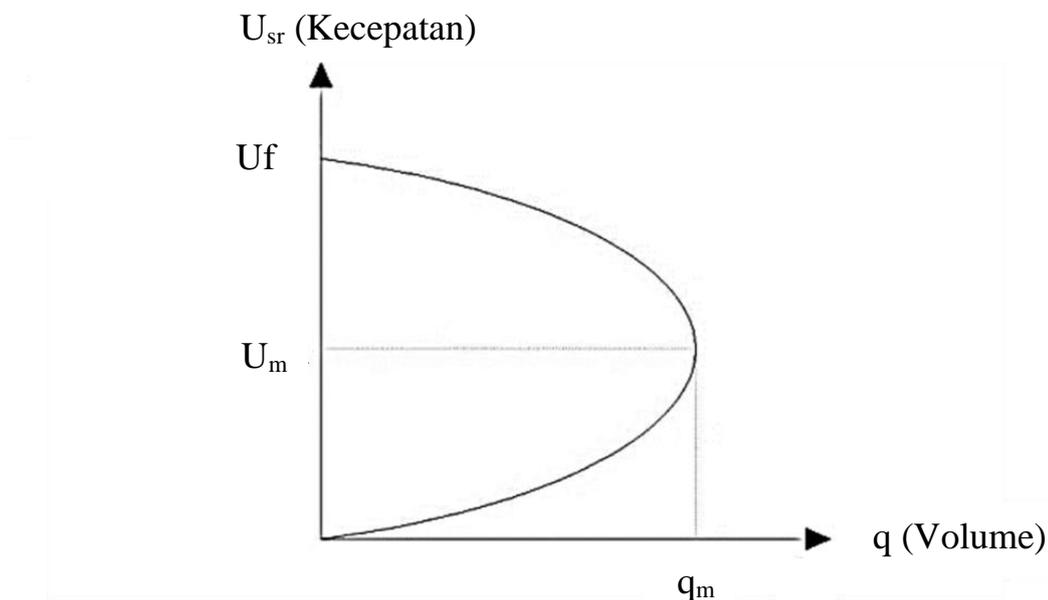
Sumber : (Soedirdjo, 2002)

Kurva ini merupakan diagram yang menjadi dasar penggambaran aliran lalu lintas. Dari kurva terlihat bahwa kecepatan akan menurun apabila kepadatan bertambah. Kecepatan arus bebas (U_f) akan terjadi apabila kepadatan sama dengan

nol, sedangkan pada saat kecepatan sama dengan nol maka terjadi kemacetan (*density*).

Apabila kepadatan naik dari nol, maka arus juga naik. Namun apabila kepadatan terus naik akan dicapai suatu titik dimana akan menyebabkan penurunan kecepatan dan arus. Titik maksimum ini dinamakan kapasitas (Rahim, 2017).

2.4.2 Hubungan antara Volume dan Kecepatan

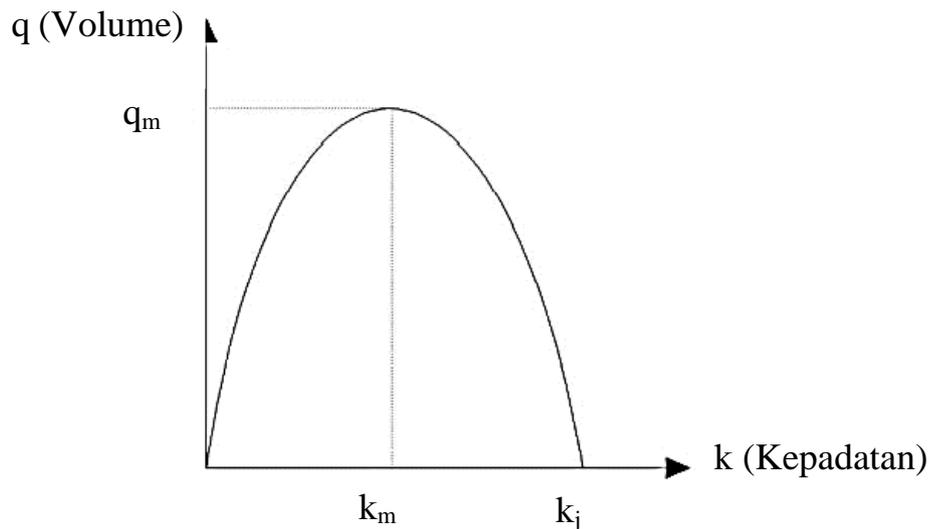


Gambar 2.3 Grafik Hubungan antara Volume dan Kecepatan (\bar{U}_{sr})

Sumber : (Soedirdjo, 2002)

Dari kurva terlihat bahwa hubungan mendasar antara volume dan kecepatan adalah dengan bertambahnya volume lalu lintas maka kecepatan rata-rata ruangnya akan berkurang sampai kepadatan kritis (volume maksimum) tercapai. Setelah kepadatan kritis tercapai, maka kecepatan rata-rata ruang dan volume akan berkurang. Jadi kurva ini menggambarkan dua kondisi yang berbeda dimana lengan atas untuk stabil sedangkan lengan bawah menunjukkan kondisi lalu lintas yang padat.

2.4.3 Hubungan antara Volume dan Kepadatan



Gambar 2.4 Grafik Hubungan antara Volume dan Kepadatan (k)

Sumber : (Soedirdjo, 2002)

Dari kurva akan terlihat bahwa kepadatan akan bertambah apabila volumenya juga bertambah. Volume maksimum (q_m) terjadi pada saat kepadatan mencapai titik k_m (kepadatan pada saat arus maksimum). Setelah mencapai titik ini volume akan menurun walaupun kepadatan bertambah sampai terjadi kemacetan di titik k_j .

2.5 Pemodelan Hubungan Antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan

Analisis untuk suatu ruas jalan didasarkan pada hubungan antara ketiga variabel parameter di atas, yaitu volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas dalam keadaan jalan lalu lintas yang ideal. Hubungan tersebut mengikuti definisi dari kriteria tingkat pelayanan didasarkan pada faktor penyesuaian untuk kendaraan yang tidak sejenis. Terdapat 3 (tiga) pemodelan yang sering digunakan untuk menyatakan keterkaitan ketiga parameter tersebut yaitu model *Greenshields*, *Greenberg* dan *Underwood* (Setyaningsih, 2007).

2.5.1 Model Linier *Greenshield*

Daniel & Matthew, (1975) berpendapat bahwa pengemudi cenderung akan menaikkan kecepatannya sebagaimana halnya jika sejumlah kendaraan di sekitarnya naik kecepatannya. Dengan gambaran tersebut akan terjadi interaksi yang peka antara kecepatan dan kepadatan dan kedua variabel tersebut berasal

dari arus lalu lintas yang dapat dihitung. Hubungan yang paling sederhana dan sangat jelas dari dua variabel tersebut adalah hubungan linier, seperti yang dikemukakan oleh *Greenshield*.

Model *Greenshield* merupakan model paling awal yang tercatat dalam usaha mengamati karakteristik arus lalu lintas di jalan raya. Pada tahun 1935, *Greenshield* mengadakan studi pada jalur jalan di kota Ohio, dimana kondisi lalu lintas memenuhi syarat karena tanpa gangguan dan bergerak secara bebas (*steady state condition*). *Greenshield* mendapat hasil bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan bersifat linier. Berdasarkan penelitian-penelitian selanjutnya terdapat hubungan yang erat antara model linier dengan keadaan data di lapangan. Hubungan linier antara kecepatan dan kepadatan ini menjadi hubungan yang paling populer dalam tinjauan pergerakan lalu lintas, mengingat fungsi hubungannya adalah yang paling sederhana sehingga mudah diterapkan. Adapun persamaan umum hubungan antara kecepatan dan kepadatan dengan cara regresi linier adalah:

$$Y = A + Bx \quad (2-11)$$

Dengan nilai :

$$A = \frac{\sum x^2 \cdot \sum y - \sum x \cdot \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (2-12)$$

$$B = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (2-13)$$

Dengan diperolehnya persamaan $Y = A + Bx$ maka hubungan antara kecepatan dan kepadatan dapat dirumuskan. Garis hasil persamaan ini akan memotong skala kecepatan pada \bar{U}_f dan memotong skala kepadatan pada k_j . Oleh karena itu, persamaan garis yang didapat tersebut adalah sebagai berikut :

$$\bar{U}_{sr} = \bar{U}_f - \frac{\bar{U}_f}{k_j} \cdot k \quad (2-14)$$

$$\bar{U}_{sr} = A + B \cdot D \text{ (Hubungan antara kecepatan-kepadatan)}$$

Keterangan :

\bar{U}_{sr} = Kecepatan rata-rata ruang

\bar{U}_f = Kecepatan rata-rata ruang kendaraan arus bebas (*free flow*)

k_j = Kepadatan saat macet (*jam density*)

k = Kepadatan

Pada saat kecepatan merupakan kecepatan arus bebas (*free flow*), pengemudi dapat memacu kendaraannya pada kecepatan yang diinginkannya sedangkan pada saat kondisi kepadatan macet (*jam density*), kendaraan tidak dapat bergerak sama sekali atau kondisi kecepatan sangat kecil.

Untuk mendapatkan nilai konstanta \bar{U}_f dan k_j maka persamaan (2-14) diubah menjadi persamaan linier $Y = A + Bx$, dengan memisalkan :

$$Y = \bar{U}_{sr}$$

$$X = k$$

$$A = \bar{U}_f$$

$$B = -\frac{\bar{U}_f}{k_j}$$

Hubungan antara volume dan kepadatan diperoleh dari substitusi $\bar{U}_{sr} = \frac{q}{k}$ ke persamaan (2-14) didapat :

$$\begin{aligned}\bar{U}_{sr} &= \bar{U}_f - \left(\frac{\bar{U}_f}{k_j}\right) \cdot k \\ \frac{q}{k} &= \bar{U}_f - \left(\frac{\bar{U}_f}{k_j}\right) \cdot k \\ q &= k \cdot \bar{U}_f - \left(\frac{\bar{U}_f}{k_j}\right) \cdot k^2\end{aligned}\quad (2-15)$$

Hubungan antara volume dan kecepatan diperoleh dari substitusi $k = \frac{q}{\bar{U}_{sr}}$ ke persamaan (2-14) didapat :

$$\begin{aligned}\bar{U}_{sr} &= \bar{U}_f - \left(\frac{\bar{U}_f}{k_j}\right) \cdot k \\ \bar{U}_{sr} &= \bar{U}_f - \left(\frac{\bar{U}_f}{k_j}\right) \cdot \frac{q}{\bar{U}_{sr}} \\ q &= \bar{U}_{sr} \cdot k_j - \left(\frac{\bar{U}_f}{k_j}\right) \cdot \bar{U}_{sr}^2\end{aligned}\quad (2-16)$$

Kondisi volume maksimum (q_m) bisa didapat pada saat arus $\bar{U}_{sr} = U_m$. Nilai $\bar{U}_{sr} = U_m$ bisa didapat melalui persamaan di bawah ini.

$$\begin{aligned}\frac{\partial V}{\partial \bar{U}_{sr}} &= k_j - \frac{2 \cdot k_j}{U_f} \cdot U_m = 0 \\ U_m &= \frac{U_f}{2}\end{aligned}\quad (2-17)$$

Dengan memasukkan persamaan (2-17) ke persamaan (2-16), maka nilai q_m bisa didapat seperti terlihat dalam persamaan (2-18).

$$q_m = \frac{k_j \cdot U_f}{4} \quad (2-18)$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa q_m dapat dicapai pada kondisi $\bar{U}_{sr} = U_m$ dan $k = k_m$.

2.5.2 Model Logaritma *Greenberg*

Model ini mengasumsikan bahwa arus lalu lintas mempunyai kesamaan dengan arus fluida. Pada tahun 1959 *Greenberg* mengadakan studi yang dilakukan di terowongan Lincoln di New York dan menganalisa hubungan antara kecepatan dan kepadatan dengan menggunakan asumsi persamaan kontinuitas dari persamaan gerakan benda cair/fluida. Persamaan dasar model *Greenberg* dapat dinyatakan melalui persamaan berikut.

$$k = C \cdot e^{b \cdot \bar{U}_{sr}} \quad (2-19)$$

Dimana C dan b merupakan nilai konstanta. Jika persamaan (2-19) dinyatakan dalam bentuk logaritma natural, maka persamaan tersebut dapat dinyatakan kembali sebagai persamaan (2-20). Sehingga, hubungan matematis antara kecepatan dengan kepadatan selanjutnya dapat dinyatakan dalam persamaan (2-21).

$$\ln k = \ln C + b \cdot \bar{U}_{sr} \quad (2-20)$$

$$b \cdot \bar{U}_{sr} = \ln k - \ln C$$

$$\bar{U}_{sr} = \frac{\ln k}{b} - \frac{\ln C}{b} \quad (2-21)$$

Selanjutnya, hubungan matematis antara volume dengan kepadatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar $q = \bar{U}_{sr} \cdot k$, dan dengan memasukkan persamaan $\bar{U}_{sr} = q/k$ ke persamaan (2-21), maka bisa diturunkan persamaan berikut.

$$\frac{q}{k} = \frac{\ln k}{b} - \frac{\ln C}{b}$$

$$q = \frac{k \cdot \ln k}{b} - \frac{D \cdot \ln C}{b} \text{ (Hubungan antara volume-kepadatan)} \quad (2-22)$$

Kondisi arus maksimum (q_m) bisa didapat pada saat arus kepadatan (k) = k_m (kepadatan maksimum). Nilai $k = k_m$ bisa didapat melalui persamaan:

$$\begin{aligned}\frac{\partial V}{\partial D} &= \frac{(\ln Km+1)}{b} - \frac{\ln C}{b} = 0 \\ (\ln k_m + 1) &= \ln C \\ k_m &= e^{\ln C - 1}\end{aligned}\quad (2-23)$$

Selanjutnya, hubungan matematis antara volume dengan kecepatan dapat diturunkan menggunakan persamaan dasar $q = \bar{U}_{sr} \cdot k$. Dengan memasukkan persamaan $k = q/\bar{U}_{sr}$ ke persamaan (2-21) maka bisa diturunkan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\frac{q}{U_{sr}} &= C \cdot e^{b \cdot U_{sr}} \\ q &= \bar{U}_{sr} \cdot C \cdot e^{b \cdot U_{sr}} \quad (\text{Hubungan antara volume-kecepatan})\end{aligned}\quad (2-24)$$

Kondisi arus maksimum (q_m) bisa didapat pada saat arus $\bar{U}_{sr} = U_m$. Nilai $\bar{U}_{sr} = U_m$ bisa didapat melalui persamaan dibawah ini.

$$\begin{aligned}\frac{\partial q}{\partial k} &= C \cdot e^{b \cdot U_{sr}} + \bar{U}_{sr} \cdot C \cdot b \cdot e^{b \cdot U_{sr}} = 0 \\ e^{b \cdot U_{sr}} (1 + \bar{U}_{sr} \cdot b) &= 0 \\ U_m &= -\frac{1}{b}\end{aligned}\quad (2-25)$$

2.5.3 Model Eksponensial *Underwood*

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

$$\bar{U}_{sr} = \bar{U}_f \cdot e^{-\frac{k}{Km}} \quad (2-26)$$

Untuk mendapatkan nilai konstanta \bar{U}_f dan k_m , maka persamaan (2-26) diubah menjadi persamaan linier $Y = A + Bx$ sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\ln \bar{U}_{sr} &= \ln \left(\bar{U}_f \cdot e^{-\frac{k}{Km}} \right) \\ \ln \bar{U}_{sr} &= \ln \bar{U}_f - \frac{k}{Km}\end{aligned}\quad (2-27)$$

Dengan memisalkan variabel-variabel nya :

$$\begin{aligned}Y &= \ln \bar{U}_{sr} \\ x &= k\end{aligned}$$

$$A = \ln \bar{U}_f$$

$$B = -\frac{1}{Km}$$

Untuk mendapatkan hubungan antara volume dan kepadatan maka $\bar{U}_{sr} = \frac{q}{k}$ disubstitusikan ke persamaan (2-26)

$$\bar{U}_{sr} = \bar{U}_f \cdot e^{-\frac{k}{Km}}$$

$$\frac{q}{k} = \bar{U}_f \cdot e^{-\frac{k}{Km}}$$

$$q = k \cdot \bar{U}_f \cdot e^{-\frac{k}{Km}} \quad (2-28)$$

Selanjutnya dengan mengganti $\bar{U}_f = e^B$ dan $Dm = -\frac{1}{A}$ diperoleh :

$$q = k \cdot \bar{U}_f \cdot e^{-\frac{k}{Km}}$$

$$q = k \cdot e^B \cdot e^{-k/(-\frac{1}{A})}$$

$$q = k \cdot e^{B+Ak}$$

Hubungan antara arus dan kecepatan didapat dengan substitusi $k = \frac{q}{\bar{U}_{sr}}$ ke persamaan (2-26) :

$$\bar{U}_{sr} = \bar{U}_f \cdot e^{-\frac{k}{Km}}$$

$$\bar{U}_{sr} = \bar{U}_f \cdot e^{-\frac{q}{\bar{U}_{sr} \cdot Km}}$$

Apabila kedua ruas dinyatakan dalam fungsi logaritma naturalis, maka diperoleh persamaan :

$$\ln(\bar{U}_{sr}) = \ln\left(\bar{U}_f \cdot e^{-\frac{q}{\bar{U}_{sr} \cdot Km}}\right)$$

$$\ln(\bar{U}_{sr}) = \ln(\bar{U}_f) - \frac{q}{\bar{U}_{sr} \cdot k_m}$$

$$q = \bar{U}_{sr} \cdot k_m \cdot \ln(\bar{U}_f) - \bar{U}_{sr} \cdot k_m \cdot \ln(\bar{U}_{sr})$$

$$q = \bar{U}_{sr} \cdot k_m \cdot \ln \frac{\bar{U}_f}{\bar{U}_{sr}} \quad (2-29)$$

Nilai kepadatan pada saat arus maksimum dicari dengan menurunkan persamaan (2-28) terhadap kepadatan (k) dan menyamakan hasil diferensial tersebut dengan nol sehingga diperoleh :

$$q = k \cdot \bar{U}_f \cdot e^{-\frac{k}{Km}}$$

$$\frac{\partial q}{\partial k} = \bar{U}_f \cdot e^{-\frac{k}{Km}} + \bar{U}_f \cdot k \left(-\frac{1}{Km}\right) \left(e^{-\frac{k}{Km}}\right)$$

$$\frac{\partial q}{\partial k} = \bar{U}_f \cdot e^{-\frac{k}{Km}} + \bar{U}_f \cdot \left(\frac{k}{Km}\right) \left(e^{-\frac{k}{Km}}\right)$$

$$\frac{\partial q}{\partial k} = \bar{U}_f \cdot e^{-\frac{k}{Km}} \left(1 - \frac{k}{Km}\right)$$

Untuk $\frac{\partial q}{\partial k} = 0$ maka diperoleh :

$$0 = \bar{U}_f \cdot e^{-\frac{k}{Km}} \left(1 - \frac{k}{Km}\right)$$

$$\bar{U}_f = \left(1 - \frac{k}{Km}\right)$$

$$k_m = k \tag{2-30}$$

Sedangkan nilai kecepatan pada saat arus maksimum dicari dengan menurunkan persamaan (2-29) terhadap kecepatan (\bar{U}_{sr}) dan menyamakan hasil diferensial tersebut dengan nol sehingga diperoleh :

$$q = \bar{U}_{sr} \cdot k_m \cdot \ln \frac{\bar{U}_f}{\bar{U}_{sr}}$$

$$\frac{\partial q}{\partial \bar{U}_{sr}} = k_m \cdot \ln \frac{\bar{U}_f}{\bar{U}_{sr}} + k_m \cdot \bar{U}_{sr} \left(\frac{\bar{U}_f}{\bar{U}_{sr}^2}\right)$$

$$\frac{\partial q}{\partial \bar{U}_{sr}} = k_m \cdot \ln \frac{\bar{U}_f}{\bar{U}_{sr}} - k_m$$

$$\frac{\partial q}{\partial \bar{U}_{sr}} = k_m \cdot \left[\ln \frac{\bar{U}_f}{\bar{U}_{sr}} - 1\right]$$

Untuk $\frac{\partial q}{\partial \bar{U}_{sr}} = 0$ maka :

$$0 = k_m \cdot \left[\ln \frac{\bar{U}_f}{\bar{U}_{sr}} - 1\right]$$

$$0 = \ln \frac{\bar{U}_f}{\bar{U}_{sr}} - 1$$

$$\frac{\bar{U}_f}{\bar{U}_{sr}} = e \tag{2-31}$$

Karena terjadi pada kondisi maksimum maka \bar{U}_{sr} adalah \bar{U}_m . Volume maksimum pada metode *Underwood* dihitung dengan menggunakan rumus dasar :

$$q_m = k_m \times \bar{U}_{sr}$$

$$q_m = k_m \times \frac{\bar{U}_f}{e}$$

$$q_m = \frac{Km \cdot \bar{U}f}{e} \quad (2-32)$$

2.6 Pengujian Statistik

2.6.1 Analisis Regresi Linier

Pemodelan volume lalu lintas yang umum digunakan untuk menentukan karakteristik kecepatan dan kepadatan adalah regresi linier. Analisa ini dilakukan dengan meminimalkan total nilai perbedaan kuadratis antara observasi dan nilai perkiraan dari variabel yang tidak bebas (*dependent*). Bila variabel tidak bebas linier terhadap variabel bebas, maka hubungan dari kedua variabel itu dikenal dengan analisa regresi linier.

Bila variabel tidak bebas y dan variabel bebas x mempunyai hubungan linier, maka fungsi regresinya :

$$Y = A + Bx \quad (2-33)$$

Besarnya konstanta A dan B dapat dicari dengan persamaan-persamaan di bawah ini :

$$A = \frac{\sum x^2 \cdot \sum y - \sum x \cdot \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (2-34)$$

$$B = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (2-35)$$

Keterangan :

A = Konstanta regresi

B = Konstanta regresi

x = Variabel bebas

y = Variabel tidak bebas

n = Jumlah sampel

2.6.2 Analisis Korelasi

Analisis korelasi digunakan untuk menentukan kuatnya hubungan antara peubah bebas dan tidak bebas yang dinyatakan dengan nilai koefisien korelasi r . Nilai koefisien korelasi bervariasi antara -1 sampai $+1$ ($-1 < r < +1$). Apabila nilai koefisien sama dengan 0 (nol), maka dikatakan tidak terdapat korelasi antara peubah bebas dan peubah tidak bebas, sedangkan apabila nilai koefisien korelasi

sama dengan 1 (satu) dikatakan mempunyai hubungan yang sempurna, nilai koefisien korelasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2] [n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (2-36)$$

Sebagai koefisien penentu digunakan koefisien determinasi (r^2) yang dihitung dengan mengkuadratkan nilai koefisien korelasi. Koefisien korelasi r ini perlu memenuhi syarat-syarat:

- a. Koefisien korelasi harus besar apabila kadar hubungan tinggi atau kuat dan harus kecil apabila kadar hubungan itu kecil atau lemah.
- b. Koefisien korelasi harus bebas dari satuan yang digunakan untuk mengukur variabel-variabel, baik prediktor maupun respon.