

## **BAB II**

### **STUDI PUSTAKA**

#### **2.1. DASAR TEORI**

Dalam sistem transportasi tujuan dari perencanaan adalah penyediaan fasilitas untuk pergerakan penumpang/barang dari satu tempat ke tempat lain atau dari berbagai pemanfaatan lahan. Sedangkan dalam sistem pengembangan lahan tujuan dari perencanaan adalah untuk tercapainya fungsi bangunan dan harus menguntungkan. Dilihat dari kedua tujuan tersebut sering kali menimbulkan konflik. Hal inilah yang menjadi asumsi mendasar dari Analisis Dampak Lalu Lintas untuk menjembatani kedua tujuan diatas, atau dengan kata lain proses perencanaan transportasi dan pengembangan lahan mengikat satu sama lainnya. Pengembangan lahan tidak akan terjadi tanpa sistem transportasi, sedangkan sistem transportasi tidak mungkin disediakan apabila tidak melayani kepentingan ekonomi atau aktivitas pembangunan.

Pembangunan suatu kawasan atau bangunan baru akan berdampak langsung terhadap lalu lintas disekitar kawasan tersebut. Untuk itu diperlukan data historis lalu lintas yang digunakan sebagai dasar untuk menetapkan pengaruh dari kawasan baru terhadap jalan-jalan disekitarnya.

Analisa Dampak Lalu Lintas (Andalalin) ini akan digunakan untuk memperkirakan kondisi lalu lintas mendatang baik untuk kondisi tanpa adanya “pembangunan kawasan” maupun dengan “pembangunan kawasan”. Analisis Dampak Lalu Lintas adalah suatu studi khusus yang menilai efek-efek yang ditimbulkan oleh lalu lintas yang dibangkitkan oleh suatu pengembangan kawasan terhadap jaringan transportasi disekitarnya.

Studi Andalalin adalah studi yang meliputi kajian terhadap jaringan jalan yang terpengaruh oleh pengembangan kawasan, sejauh radius tertentu. Kewajiban melakukan studi Andalalin tergantung pada bangkitan lalu lintas yang ditimbulkan oleh pengembangan kawasan. Besarnya tingkat bangkitan lalu lintas

tersebut ditentukan oleh jenis dan besaran peruntukan lahan. Ukuran minimal peruntukan lahan yang wajib melakukan andalalin adalah sebagaimana tabel berikut.

**Tabel 2.1.** Ukuran minimal peruntukan lahan yang wajib melakukan andalalin.

Peruntukan lahan	Ukuran minimal kawasan
Pemukiman	50 unit
Apartemen	50 unit
Kantor	1000 m <sup>2</sup> luas lantai bangunan
Pusat perbelanjaan	500 m <sup>2</sup> luas lantai bangunan
Hotel / motel / penginapan	50 kamar
Rumah sakit	50 tempat tidur
Sekolah / universitas	500 siswa
Industri / pergudangan	2500 m <sup>2</sup> luas lantai bangunan
Restoran	100 tempat duduk
Tempat pertemuan / olah raga	Kapasitas 100 tamu atau 100 tempat duduk
Terminal / gedung parkir	Wajib
Pelabuhan / bandara	Wajib
SPBU	4 selang pompa bahan bakar
Bengkel	2000 m <sup>2</sup> luas lantai bangunan

*Sumber : Pedoman Andalalin DPU, 2007*

Dari hasil studi andalalin akan didapat beberapa hal yang dapat menjadi faktor pengukur dampak lalu lintas.

1. Kondisi lalu lintas sekarang tanpa adanya pengembangan kawasan dan kondisi mendatang dengan adanya pengembangan kawasan.
2. Kemampuan jalan raya yang ada dalam menampung arus lalu lintas tambahan bangkitan lalu lintas dari pengembangan kawasan.
3. Perlu tidaknya pengembangan sistem jaringan jalan disekitar pengembangan kawasan.
4. Hal-hal yang perlu dilakukan dengan segera di sekitar kawasan untuk mengatasi meningkatnya arus lalu lintas.

## **2.2. PRAKIRAAN LALU LINTAS**

Tujuan prakiraan lalu lintas adalah untuk mendapatkan informasi mengenai perubahan kondisi lalu lintas di wilayah studi pada tahun tinjauan sebagai dasar melakukan evaluasi dampak lalu lintas jalan.

Prakiraan lalu lintas diusahakan menggunakan metode-metode yang memadai, dengan tetap memperhatikan akurasi hasilnya. Oleh karena itu, penggunaan setiap metode di dalam prakiraan lalu lintas harus didahului oleh proses kalibrasi dan validasi dengan menggunakan uji statistic yang umum digunakan dalam kajian transportasi.

Secara umum terdapat empat tahapan kegiatan yang harus dilalui di dalam melakukan prakiraan lalu lintas, yaitu :

- a) Tahap penetapan sistem zona
- b) Tahap bangkitan perjalanan
- c) Tahap distribusi perjalanan
- d) Tahap pembebanan lalu lintas

*Sumber : Pedoman Andalalin DPU, 2007*

### **2.2.1. Tahap Penetapan Sistem Zona**

Setiap perjalanan orang atau kendaraan di wilayah studi, harus ditetapkan lokasi atau zona yang menjadi asal dan tujuannya. Secara umum zona asal/tujuan dapat dikelompokkan sebagai :

- a) Zona internal, yaitu zona-zona asal atau tujuan perjalanan yang berada di dalam wilayah studi, termasuk zona dari pengembangan kawasan yang direncanakan.
- b) Zona eksternal, yaitu zona-zona asal atau tujuan perjalanan yang berada di luar wilayah studi.

### **2.2.2. Tahap Bangkitan Perjalanan**

Bangkitan perjalanan harus diperkirakan untuk setiap zona yang ditetapkan, yang terdiri dari :

- a) Bangkitan perjalanan dari atau ke zona rencana pengembangan kawasan.
- b) Bangkitan perjalanan dari atau ke zona internal selain zona pengembangan kawasan yang direncanakan.
- c) Bangkitan perjalanan dari atau ke zona eksternal.

Bangkitan kawasan dan dari atau zona internal selain zona pengembangan kawasan dan dari zona eksternal dapat diperkirakan dari standart bangkitan perjalanan yang berlaku atau dari hasil studi terdahulu atau berdasar data lalu lintas yang ada di wilayah studi atau menggunakan metode-metode lain yang umum digunakan dalam kajian transport.

Prakiraan bangkitan perjalanan harus dibuat di setiap tahun tinjauan dengan memperhatikan tingkat pertumbuhan lalu lintas jalan dan perubahan tata guna lahan di wilayah studi.

### **2.2.3. Tahapan Distribusi Perjalanan**

Tahapan distribusi perjalanan harus dilakaukan untuk mendapatkan informasi mengenai :

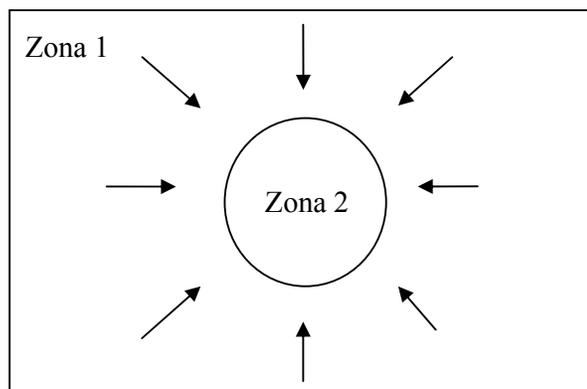
- a) Zona asal atau tujuan dari perjalanan yang dibangkitkan oleh kawasan pengembangan.
- b) Distribusi asal atau tujuan perjalanan dari lalu lintas jalan yang ada di wilayah studi dari zona-zona internal dan eksternal.
- c) Distribusi penggunaan moda transportasi dari perjalanan yang dibangkitkan oleh zona pengembangan kawasan. Hal ini diperlukan jika proporsi pengguna angkutan umum dan pejalan kaki diperkirakan cukup besar.

Distribusi perjalanan harus dilakukan di setiap tinjauan sesuai hasil perkiraan bangkitan perjalanan sebelumnya. Distribusi perjalanan dapat dilakukan dengan metode-metode yang umum digunakan dalam kajian transportasi.

*Sumber : Pedoman Andalalin DPU, 2007*

### 2.3. TARIKAN PERGERAKAN

Menurut Ofyar Z. Tamin dalam Perencanaan & Pemodelan Transportasi, 2003, tarikan pergerakan adalah jumlah pergerakan yang tertarik ke suatu tata guna lahan atau zona tarikan pergerakan. Tarikan pergerakan dapat berupa tarikan lalu lintas yang mencakup fungsi tata guna lahan yang menghasilkan arus lalu lintas. Tarikan pergerakan terlihat secara diagram pada gambar 2.1 dibawah ini :



**Gambar 2.1** Tarikan Pergerakan

Hasil keluaran dari perhitungan tarikan lalu lintas berupa jumlah kendaraan, orang atau angkutan barang persatuan waktu, misalnya kendaraan/jam. Kita dapat dengan mudah menghitung jumlah orang atau kendaraan yang masuk atau keluar dari suatu luas tanah tertentu dalam satu hari (atau satu jam) untuk mendapatkan bangkitan atau tarikan pergerakan. Bangkitan dan tarikan lalu lintas tersebut tergantung pada dua aspek tata guna lahan :

1. Jenis tata guna lahan (jenis penggunaan lahan)
2. Jumlah aktifitas (dan intensitas) pada tata guna lahan tersebut.

Jenis tata guna lahan yang berbeda (pemukiman, pendidikan, dan komersial) mempunyai ciri bangkitan lalu lintas yang berbeda :

1. Jumlah arus lalu lintas
2. Jenis lalu lintas ( pejalan kaki, truk, dan mobil)
3. Lalu lintas pada waktu tertentu (kantor menghasilkan arus lalu lintas pada pagi dan sore, sedangkan perkotaan menghasilkan arus lalu lintas sepanjang hari).

### 2.3.1. Definisi Dasar

Untuk mempermudah sub bab berikutnya, pada sub bab ini diberikan beberapa definisi mengenai model bangkitan pergerakan menurut Ofyar Z. Tamin dalam Perencanaan & Pemodelan Transportasi, 2003 :

a. Perjalanan

Pergerakan satu arah dari zona asal ke zona tujuan, termasuk pergerakan berjalan kaki. Berhenti secara kebetulan (misalnya berhenti di perjalanan untuk membeli rokok) tidak dianggap sebagai tujuan perjalanan, meskipun perubahan rute terpaksa dilakukan. Meskipun pergerakan sering diartikan dengan pergerakan pulang dan pergi, dalam ilmu transportasi biasanya analisis keduanya harus dipisahkan.

b. Pergerakan Berbasis Rumah

Pergerakan yang salah satu atau kedua zona (asal dan/atau tujuan) pergerakan tersebut adalah rumah.

c. Pergerakan Berbasis Bukan Rumah

Pergerakan yang salah satu atau kedua zona (asal dan/atau tujuan) pergerakan tersebut adalah bukan rumah.

d. Bangkitan Pergerakan

Digunakan untuk suatu pergerakan berbasis rumah yang mempunyai tempat asal dan/atau tujuan adalah rumah atau pergerakan yang dibangkitkan oleh pergerakan berbasis bukan rumah.

e. Tarikan Pergerakan

Digunakan untuk suatu perjalanan berbasis rumah yang mempunyai tempat asal dan/atau tujuan bukan rumah atau pergerakan yang tertarik oleh pergerakan berbasis bukan rumah.

f. Tahapan Bangkitan Pergerakan

Sering digunakan untuk menetapkan besarnya bangkitan pergerakan yang dihasilkan oleh rumah tangga (baik untuk perjalanan berbasis rumah maupun berbasis bukan rumah) pada selang waktu tertentu (per jam per hari).

### **2.3.2. Klasifikasi Pergerakan**

Klasifikasi pergerakan menurut Ofyar Z. Tamin dalam Perencanaan & Pemodelan Transportasi, 2003 meliputi :

a. Berdasarkan tujuan pergerakan

Pada prakteknya, sering dijumpai bahwa model bangkitan dan tarikan pergerakan yang lebih baik biasa didapatkan dengan memodel secara terpisah pergerakan yang mempunyai tujuan berbeda. Dalam kasus pergerakan berbasis rumah, 6 kategori tujuan pergerakan yang sering digunakan adalah :

- 1) Pergerakan ke tempat kerja
- 2) Pergerakan ke tempat pendidikan
- 3) Pergerakan ke tempat belanja
- 4) Pergerakan untuk kepentingan sosial dan rekreasi
- 5) Pergerakan ke tempat ibadah

b. Berdasarkan waktu

Pergerakan umumnya dikelompokkan menjadi pergerakan pada jam sibuk dan jam tidak sibuk. Proporsi pergerakan yang dilakukan oleh setiap tujuan pergerakan sangat bervariasi sepanjang hari.

c. Berdasarkan jenis orang

Merupakan salah satu jenis pengelompokan yang penting karena perilaku pergerakan individu sangat dipengaruhi oleh atribut sosio-ekonomi, yaitu :

- 1) Tingkat pendapatan, biasanya terdapat tiga tingkat pendapatan di Indonesia yaitu pendapatan tinggi, pendapatan menengah, serta pendapatan rendah.
- 2) Tingkat kepemilikan kendaraan biasanya terdapat empat tingkat : 0,1,2 atau lebih dari 2 (2+) kendaraan per rumah tangga.
- 3) Ukuran dan struktur rumah tangga.

### **2.3.3. Konsep Perencanaan Transportasi**

Tahapan yang harus dilakukan dalam penerapan konsep interaksi transportasi menurut Ofyar Z. Tamin dalam Perencanaan & Pemodelan Transportasi, 2003 adalah sebagai berikut :

a. Bangkitan dan tarikan pergerakan

Bangkitan pergerakan adalah tahapan permodelan yang memperkirakan jumlah pergerakan yang berasal dari suatu zona atau tata guna lahan dan jumlah pergerakan yang tertarik ke suatu tata guna lahan atau zona.

b. Sebaran / distribusi pergerakan

Pola sebaran arus lalu lintas antara zona asal I ke zona tujuan D adalah hasil dari dua hal yang terjadi bersamaan yaitu lokasi dan identitas tata guna lahan yang akan menghasilkan arus lalu lintas dan pemisahan ruang. Interaksi antara dua buah guna lahan akan menghasilkan pergerakan manusia dan barang.

c. Pemilihan moda

Jika terjadi interaksi antara dua tata guna lahan maka seseorang akan memutuskan interaksi tersebut dilakukan, yaitu salah satunya adalah pemilihan alat angkut (moda).

d. Pemilihan rute

Pemilihan moda transportasi antara zona A ke zona B didasarkan pada perbandingan antara berbagai karakteristik operasional moda transportasi yang tersedia (misalnya waktu tempuh, tarif, waktu tunggu, dan lain-lain). Begitu juga halnya rute, pemilihan rute didasarkan pada perbandingan karakteristik operasional setiap alternatif rute untuk setiap moda transportasi yang tersedia.

Empat langkah berurutan dalam model perencanaan yaitu bangkitan perjalanan, distribusi perjalanan, pemilihan moda dan pemilihan rute. Empat tahap ini disebut model agregat karena menerangkan perjalanan dari kelompok orang atau barang.

#### **2.3.4. Faktor yang Mempengaruhi Pergerakan**

Faktor-faktor yang mempengaruhi pergerakan menurut Ofyar Z. Tamin dalam Perencanaan & Pemodelan Transportasi, 2003 adalah sebagai berikut :

a. Bangkitan pergerakan

Faktor-faktor yang mempengaruhi bangkitan pergerakan seperti pendapatan, pemilikan kendaraan, struktur rumah tangga, ukuran rumah tangga, nilai lahan, kepadatan daerah pemukiman dan aksesibilitas. Empat faktor pertama (pendapatan, pemilikan kendaraan, struktur rumah tangga, dan ukuran rumah tangga) biasa digunakan untuk kajian bangkitan pergerakan sedangkan nilai lahan dan kepadatan daerah pemukiman untuk kajian zona

b. Tarikan pergerakan

Faktor yang mempengaruhi tarikan pergerakan adalah luas lantai untuk kegiatan industri, komersial, perkantoran, pelayaran lainnya. Faktor lainnya adalah lapangan kerja dan aksesibilitas.

### 2.3.5. Sistem Permodelan

Sistem pemodelan yang biasa dipakai adalah model analisis regresi linier. Dengan metode analisis regresi linier dapat dilakukan pemodelan untuk menjelaskan hubungan fungsional antara variabel bebas (x) dan tak bebas (y). Dalam kasus paling sederhana dapat dinyatakan dengan :

$$f(x) = y = a + b(x)$$

dimana,  $a$  merupakan konstanta regresi dan  $b$  merupakan koefisien regresi.

Sebagai contoh, menurut Ofyar Z. Tamin dalam Perencanaan & Pemodelan Transportasi, 2003 model bangkitan dan tarikan untuk perkantoran yang terletak di kota besar adalah :

a. Model bangkitan

$$y = 2,123(x_1) + 4,785(x_2) + 12,776 \text{ dengan } R^2 = 0,48$$

$$y = 19,144(x_3)^{0,7009} \text{ dengan } R^2 = 0,52$$

b. Model tarikan

$$y = 1,639(x_1) + 8,437(x_2) + 33,897 \text{ dengan } R^2 = 0,41$$

$$y = 28,881(x_3)^{0,7546} \text{ dengan } R^2 = 0,53$$

dimana

$$x_1 = \text{luas tanah kantor (per 1000 m}^2\text{)}$$

$$x_2 = \text{luas bangunan kantor (per 1000 m}^2\text{)}$$

$x_3$  = jumlah pegawai kantor (per 100 orang)

Sedangkan model tarikan untuk perguruan tinggi yang terletak di kota besar juga dibedakan menjadi dua sebagai berikut :

a. Model bangkitan

$$y = 172,82 \log_e(x_4) - 307,61 \text{ dengan } R^2 = 0,98$$

$$y = 2,3427(x_5) + 260,42 \text{ dengan } R^2 = 0,93$$

b. Model tarikan

$$y = 164,53 \log_e(x_4) - 165,58 \text{ dengan } R^2 = 0,96$$

$$y = 2,3383(x_5) + 367,72 \text{ dengan } R^2 = 1,00$$

dimana

$x_4$  = luas bangunan perguruan tinggi (per 1000 m<sup>2</sup>)

$x_5$  = jumlah karyawan perguruan tinggi (per 10 orang)

Sedangkan model tarikan untuk perumahan yang terletak di kota besar juga dibedakan menjadi dua sebagai berikut :

c. Model bangkitan

$$y = 0,3912(x_6) - 0,0406 \text{ dengan } R^2 = 0,94$$

$$y = 1,2954 e^{0,2053(x_7)} \text{ dengan } R^2 = 0,70$$

d. Model tarikan

$$y = 0,2178(x_6) + 0,0127 \text{ dengan } R^2 = 0,91$$

$$y = 0,2915(x_7) + 0,6896 \text{ dengan } R^2 = 0,85$$

dimana

$x_6$  = jumlah penghuni (orang)

$x_7$  = jumlah kepemilikan kendaraan total (mobil dan motor)

## 2.4. KARAKTERISTIK LALU LINTAS

### 2.4.1. Karakteristik Primer

Ada tiga karakteristik primer dalam teori arus lalu lintas yang saling terkait yaitu volume, kecepatan dan kepadatan.

**Arus lalu lintas** adalah jumlah kendaraan yang melewati satu titik tetap pada jalan dalam satuan waktu. Arus lalu lintas biasanya dihitung dalam

kendaraan/hari atau kendaraan/jam. Arus lalu lintas dapat dinyatakan dalam periode waktu yang lain.

$$q = \frac{1}{h}$$

Keterangan :  $q$  = arus lalu lintas ( smp/jam )

$h$  = waktu antara rata-rata (*time headway*) (detik)

**Kecepatan** adalah perubahan jarak dibagi waktu. Kecepatan ini dapat diukur sebagai kecepatan titik, kecepatan perjalanan, kecepatan ruang dan kecepatan gerak. Kelambatan merupakan waktu yang hilang pada saat kendaraan berhenti atau tidak dapat berjalan sesuai kecepatan yang diinginkan karena adanya sistem pengendali atau kemacetan lalu lintas.

$$v = \frac{dx}{dt}$$

Keterangan :  $v$  = kecepatan

$dx$  = jarak yang ditempuh

$dt$  = waktu yang diperlukan untuk menempuh  $dx$

**Kepadatan** adalah rata-rata jumlah kendaraan per satuan panjang.

$$k = \frac{n}{l}$$

$$k = \frac{l}{s}$$

Keterangan :  $k$  = kepadatan arus lalu lintas (kend/jam)

$n$  = jumlah kendaraan pada lintasan 1 (kend)

$l$  = panjang lintasan (km)

$s$  = jarak antara (*space headway*)

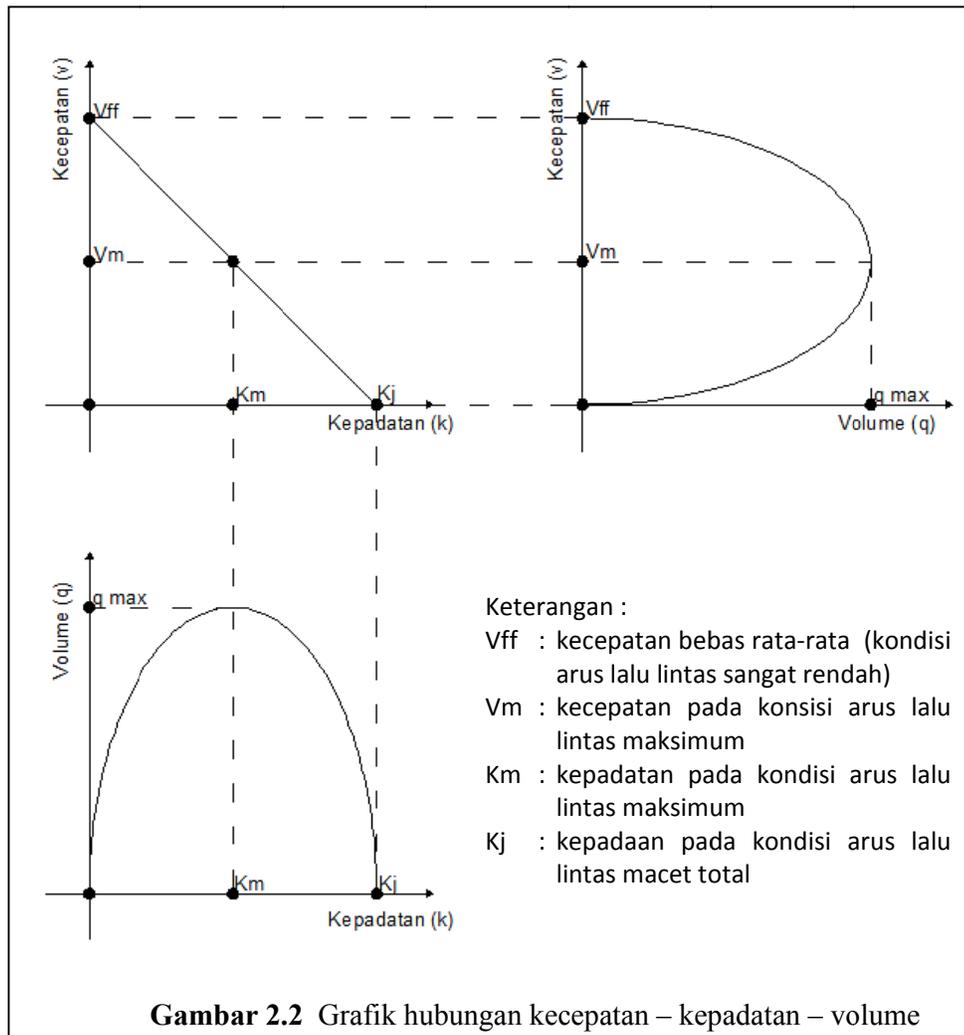
**Volume** adalah perkalian antara kecepatan dan kepadatan.

$$q = \frac{v}{s}$$

dan

$$s = v.h$$

Ketiga karakteristik lalu lintas di atas dapat digambarkan dengan kurva atau grafik hubungan matematis seperti tersaji pada Gambar 2.2 berikut ini.



Sumber : *Perencanaan & Pemodelan Transportasi, Ofyar Z. Tamin, 2000*

Dari gambar 2.2 di atas dapat dilihat bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan adalah linier menurun ke bawah. Dalam arti, apabila kepadatan lalu lintas meningkat, maka kecepatan akan menurun. Arus lalu lintas akan menjadi 0 (nol), apabila kepadatan sangat tinggi, sedemikian rupa sehingga tidak memungkinkan kendaraan untuk bergerak lagi atau jalan dalam kondisi macet total ( $K=K_j$ ). Pada kondisi kepadatan 0 (nol), tidak terdapat kendaraan di ruas jalan sehingga arus lalu lintas juga 0 (nol). Apabila kepadatan terus meningkat,

maka akan dicapai suatu kondisi dimana peningkatan kepadatan tidak akan meningkatkan arus lalu lintas, malah sebaliknya menurunkan arus lalu lintas. Titik maksimum tersebut dinyatakan sebagai kapasitas arus. Kecepatan arus bebas ( $V_{ff}$ ) tidak dapat diamati di lapangan karena kondisi tersebut terjadi pada saat tidak ada kendaraan. Nilai kecepatan arus bebas bisa didapatkan secara matematis yang diturunkan dari hubungan matematis antara volume dan kecepatan yang terjadi di lapangan.

Dalam arus lalu lintas, ketiga karakteristik ini akan terus bervariasi, karena jarak antara kendaraan yang acak. Untuk merangkum dan menganalisis arus lalu lintas, maka nilai rata-rata dari volume, kecepatan dan kepadatan harus dihitung dalam suatu periode waktu.

#### **2.4.2. Karakteristik Sekunder**

Karakteristik sekunder yang terpenting adalah jarak-antara. Ada dua parameter dari jarak-antara, yaitu :

- a. Waktu antara kendaraan (*time headway*) yaitu waktu yang diperlukan antara satu kendaraan dengan kendaraan berikutnya untuk melalui satu titik tertentu yang tetap. Waktu antara kendaraan rata-rata =  $1/\text{volume}$ .
- b. Jarak-antara kendaraan (*space headway*) yaitu jarak antara bagian depan satu kendaraan dengan bagian depan kendaraan berikutnya. Jarak antara kendaraan rata-rata =  $1/\text{kepadatan}$ .

Besarnya waktu antara menentukan kapan seorang pengemudi harus mengurangi kecepatan dan kapan mempercepat kendaraan. Waktu antara dimana kendaraan yang berada di depan mempengaruhi pengemudi di belakangnya disebut waktu antara yang mengganggu (*interference headway*). Hasil studi yang pernah dilakukan menunjukkan bahwa besarnya nilai waktu antara yang mengganggu berkisar antara 6-9 detik.

#### **2.4.3. Karakteristik Volume Lalu Lintas**

Volume lalu lintas pada suatu jalan bervariasi, tergantung pada volume dua arah, arah lalu lintas, volume harian, volume bulanan, volume tahunan dan pada komposisi kendaraan.

- a. Variasi Harian  
Arus lalu lintas selalu bervariasi sesuai dengan hari dalam seminggu. Variasi ini terjadi karena kebutuhan orang yang satu dengan yang lainnya berbeda. Perbedaan kebutuhan akan menumbuhkan variasi perjalanan dari suatu tempat ke tempat lain. Alasan utama terjadinya variasi adalah adanya hari minggu dan hari libur lainnya.
- b. Variasi Jam  
Volume lalu lintas umumnya mengalami penurunan pada malam hari, tetapi meningkat secara cepat sewaktu orang mulai melakukan aktifitas sehari-hari. Volume jam sibuk biasanya terjadi di jalan perkotaan pada saat orang melakukan perjalanan ke dan dari tempat kerja atau sekolah. Volume jam sibuk merupakan fenomena yang sering terjadi di kota-kota besar di Indonesia.
- c. Variasi Bulanan  
Variasi bulanan terjadi karena adanya perbedaan musim pada saat liburan, misal : menjelang lebaran, musim panen, dan sebagainya.
- d. Variasi Arah  
Volume arus lalu lintas dalam satu hari pada masing-masing arah biasanya sama besar, tetapi kalau dilihat pada waktu-waktu tertentu, misalnya pada jam-jam sibuk banyak orang yang melakukan perjalanan dalam satu arah, demikian juga pada daerah-daerah wisata atau pada saat upacara keagamaan juga terjadi hal seperti ini dan akan kembali pada saat masa liburan tersebut. Jenis variasi ini merupakan suatu kasus yang khusus, tetapi hal ini mewakili permintaan lalu lintas yang tertinggi terhadap sistem transportasi dalam setahun.
- e. Distribusi Lajur  
Apabila dua atau lebih lajur lalu lintas disediakan pada arah yang sama, maka distribusi kendaraan pada masing-masing lajur tersebut akan tergantung dari volume kecepatan dan proporsi dari kendaraan yang bergerak lambat dan sebagainya. Standar jalan dan aturan perundangan lalu lintas mungkin dapat

mengatur bagian mana yang digunakan untuk jalur lambat maupun jalur cepat.

f. Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT)

Ada dua tahap yang perlu diketahui untuk menentukan LHRT :

1) Suatu program pencacahan yang sifatnya menyeluruh selama setahun untuk menentukan arus lalu lintas rata-rata harian dan faktor variasi harian dan bulanan. Pencacahan rinci harus dilakukan sekurang-kurangnya 4 kali dalam setahun, dan lebih baik lagi jika sebulan sekali. Pencacahan volume lalu lintas selama 7 hari direkomendasikan untuk dilakukan guna memperkecil variasi.

Hal ini dilakukan dengan maksud untuk menyediakan :

- a) Data klasifikasi kendaraan pada daerah yang disurvei.
- b) Pengecekan keakuratan dari alat pencacah lalu lintas mekanik.
- c) Analisis terhadap kondisi yang luar biasa dari pencacahan volume lalu lintas.

2) Pencacahan lanjutan kemudian dapat dilakukan untuk tahun-tahun berikutnya dengan frekuensi yang lebih sedikit dan atau untuk periode waktu yang lebih pendek. Pencacahan lanjutan ini lalu dikonversi menjadi LHRT dengan menggunakan faktor variasi.

g. Klasifikasi Kendaraan

Jenis kendaraan adalah faktor penting dalam mendesain suatu jalan. Pencacahan terklarifikasi dilakukan tergantung dari tujuannya, maka hasil dari survei terklarifikasi dapat dikombinasikan dalam kategori kelas kendaraan sesuai yang diinginkan. Kombinasi tipikal ini meliputi :

- 1) Berat kendaraan, terutama beban sumbu. Hal ini berkaitan dengan desain konstruksi perkerasan. Pembagian dilakukan berdasarkan atas kendaraan ringan, sedang dan berat.
- 2) Dimensi kendaraan, menentukan lebar jalur dan radius belokan.
- 3) Karakteristik kecepatan kendaraan, percepatan dan pengereman untuk menentukan kapasitas jalan.

4) Tujuan dari penggunaan kendaraan, misal angkutan pribadi, angkutan barang, dan angkutan umum penumpang.

h. Satuan Mobil Penumpang

Setiap jenis kendaraan mempunyai karakteristik pergerakan yang berbeda, karena dimensi, kecepatan, percepatan, maupun kemampuan masing-masing tipe kendaraan berbeda serta berpengaruh terhadap geometri jalan. Oleh karena itu digunakan suatu satuan mobil penumpang (smp) atau dalam baha Inggris disebut dengan PCU (*Passenger Car Unit*). Data berbagai kelas kendaraan ini dikonversikan ke satuan tersebut dengan mengkalikannya dengan faktor tertentu, yaitu emp (Ekivalen Mobil Penumpang).

i. Peningkatan Jumlah Kendaraan Bermotor

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di jalan dapat dia analisis dari jumlah kendaraan yang terdaftar. Peningkatan ini dapat disebabkan oleh :

- 1) Meningkatnya jumlah penduduk.
- 2) Meningkatnya tingkat pendapatan masyarakat yang memungkinkan lebih banyak kendaraan pribadi dapat dibeli. Meningkatnya pendapatan masyarakat berarti juga bahwa sepeda motor yang semula dimiliki akan diganti dengan mobil.
- 3) Perkembangan suatu negara dapat berarti meningkat pula kebutuhan untuk mengangkut barang, dan oleh karena itu timbul tekanan untuk meningkatkan kualitas maupun kuantitas pelayanan jalan.
- 4) Kurangnya rasa aman dan nyaman jika menggunakan angkutan umum, serta lambatnya perjalanan membuat orang mencari solusi alternatif lain walaupun harus menambah ongkos (lebih mahal) yaitu memiliki prasarana sendiri.

Peningkatan jumlah kendaraan ayng terdaftar ini akan semakin menambah volume lalu lintas. Penambahan ini akan semakin besar, jika tidak dilakukan perbaikan pada sarana angkutan yang ada, baik dari segi kualitas maupun kuantitas sarana.

## 2.5. JALAN PERKOTAAN

Jalan perkotaan mempunyai perkembangan secara permanen dan menerus sepanjang seluruh atau hampir seluruh jalan, minimal pada satu sisi jalan, apakah beru pa perkembangan lahan atau bukan. Jalan di atau dekat pusat perkotaan dengan penduduk lebih dari 100.000 jiwa selalu digolongkan dalam kelompok jalan tersebut. (MKJI, 1997)

Indikasi penting lebih lanjut adalah karakteristik arus lalu lintas puncak pada pagi dan sore hari, secara umum lebih tinggi dan terdapat perubahan komposisi lalu lintas (dengan presentase mobil pribadi dan sepeda motor yang lebih tinggi dan presentase truk berat yang lebih rendah dalam arus lalu lintas).

### 2.5.1. Karakteristik Jalan Perkotaan

Dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, jalan perkotaan dapat dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu :

- a. Jalan satu arah ( 1 - 3 / 1 )
- b. Jalan dua lajur – dua arah ( 2 / 2 )
- c. Jalan empat lajur – dua arah ( 4 / 2 ), yang terbagi menjadi :
  - 1) Tanpa median (*undivided*)
  - 2) Dengan median (*divided*)
- d. Jalan enam lajur – dua arah terbagi ( 6 / 2 D )

Karakteristik dari masing-masing tipe jalan perkotaan tersebut diatas adalah sebagai berikut :

- a. Jalan satu arah ( 1 – 3 / 1 )

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:

- 1) lebar jalan 7 meter
- 2) memakai kerb, terbebas minimal 2 meter dari rintangan jalan
- 3) tanpa median

- 4) hambatan samping rendah
- 5) ukuran kota 1,0 – 3,0 juta jiwa penduduk.
- 6) tipe alinyemen datar

b. Jalan dua lajur – dua arah ( 2 / 2 )

Tipe jalan ini meliputi semua jalan perkotaan dua lajur – dua arah dengan lebar jalur lalu lintas  $\leq 10,5$  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 :

- 1) lebar 7 meter
- 2) lebar efektif bahu jalan paling sedikit 2 meter pada tiap sisi
- 3) tanpa median
- 4) pemisahan arus lalu lintas adalah 50 – 50
- 5) hambatan samping rendah
- 6) ukuran kota 1,0 – 3,0 juta jiwa penduduk
- 7) tipe alinyemen datar

c. Jalan empat lajur – dua arah ( 4 / 2 )

Tipe jalan ini meliputi semua jalan dua arah dengan lebar jalur lalu lintas lebih dari 10,5 meter dan kurang dari 16,0 meter.

Kondisi dasar tipe jalan ini didefinisikan sebagai berikut :

- 1) lebar jalan 14 meter
- 2) memakai kerb, terbebas minimal 2 meter dari rintangan jalan
- 3) tanpa median untuk jalan yang tidak terbagi (*undivided*) dan dengan median untuk jalan yang terbagi (*divided*).
- 4) pemisahan arus lalu lintas adalah 50 – 50
- 5) hambatan samping rendah
- 6) ukuran kota 1,0 – 3,0 juta jiwa penduduk
- 7) tipe alinyemen datar

d. Jalan enam lajur – dua arah terbagi ( 6 / 2 D )

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 :

- 1) lebar lajur 3,5 meter ( lebar jalur lalu lintas total 21 meter )
- 2) kerb ( tanpa bahu )
- 3) jarak anatar kerb dan penghalang terdekat pada trotoar  $\geq 2$  meter
- 4) menggunakan median
- 5) pemisahan arus lalu lintas 50 – 50
- 6) hambatan samping rendah
- 7) ukuran kota 1,0 – 3,0 juta jiwa penduduk
- 8) tipe alinyemen datar

Sebuah ruas jalan didefinisikan sebagai jalan yang panjangna antara simpang bersinyal atau simpang tak bersinyal utama dan tidak terpengaruh karena adanya simpang tersebut dan merupakan jalan yang mempunyai karakteristik yang sama sepanjang jalan tersebut. Kinerja suatu ruas jalan akan tergantung pada karakteristik utama suatu jalan yaitu kapasitas, kecepatan perjalanan rata-rata, dan tingkat pelayanannya ketika dibebani lalu lintas. Hal-hal yang mempengaruhi kapasitas, kecepatan perjalanan rata-rata, dan tingkat pelayanan suatu ruas jalan adalah :

a. Geometri

- 1) Tipe jalan, seperti jalan tol atau bukan akan memberikan beban lalu lintas yang berbeda.
- 2) Lebar jalan akan berpengaruh terhadap kapasitas.
- 3) Bahu jalan atau kerb akan memperngaruhi kapasitas dan kecepatan arus lalu lintas.
- 4) Jalan yang terpisah atau tidak terpisah oleh median akan mempengaruhi kapasitas jalan.

b. Komposisi Arus

- 1) Pemisahan arus lalu lintas yang akan menghasilkan kapasitas tertinggi pada jalan dua arah yaitu 50 – 50

- 2) Jika arus dan kapasitas lalu lintas dalam jumlah kendaraan per jam, komposisi lalu lintas akan berpengaruh terhadap kapasitas.
- c. Pengaturan lalu lintas
- Pengaturan kecepatan, gerakan kendaraan berat, parkir, dan lain-lain akan berpengaruh terhadap kapasitas jalan.
- d. Lingkungan
- 1) Lingkungan dan aktifitas di sekitar jalan sering mengakibatkan konflik arus lalu lintas yang disebut hambatan samping. Hambatan samping yang mempengaruhi lalu lintas dan sangat sering terjadi pada jalan raya dua arah adalah :
    - a) pejalan kaki yang berjalan atau menyeberang
    - b) kendaraan yang berhenti atau parkir
    - c) kendaraan bermotor yang masuk dan keluar ke atau dari jalan samping jalan dan jalan sisi
    - d) arus kendaraan yang bergerak lambat, yaitu arus total (kend/jam) dari sepeda, becak, delman, dan sebagainya.
  - 2) Angka pertumbuhan kendaraan bermotor mempengaruhi kapasitas dan kecepatan arus lalu lintas.

Kinerja lalu lintas perkotaan dapat dinilai dengan menggunakan parameter lalu lintas berikut ini :

- a) Kapasitas
- b) Derajat Kejenuhan (DS)
- c) Kecepatan
- d) Waktu tempuh

### **2.5.2. Kapasitas Jalan Perkotaan**

Kapasitas didefinisikan sebagai tingkat arus maksimum dimana kendaraan memalui suatu titik di jalan pada periode waktu tertentu (per jam) pada kondisi jalan atau jalur, lalu lintas, pengendalian lalu lintas, dan cuaca yang berlaku. Untuk jalan dua lajur – dua arah, kapasitas ditentukan untuk arus dua arah (kombinasi dua arah), tetapi untuk jalan dengan banyak lajur, arus dipisahkan per

arah dan kapasitas ditentukan per lajur. Oleh karena itu kapasitas tidak dapat dihitung dengan sederhana. Yang penting dalam penilaian kapasitas jalan adalah pemahaman kondisi yang berlaku.

a. Kondisi Ideal

Kondisi ideal dapat dinyatakan sebagai kondisi dimana peningkatan kondisi jalan lebih lanjut dan perubahan kondisi cuaca tidak akan menghasilkan penambahan nilai kapasitas.

b. Kondisi Jalan

Kondisi jalan yang mempengaruhi nilai kapasitas :

- 1) Tipe fasilitas dan kelas jalan
- 2) Lingkungan sekitar (misalnya jalan perkotaan atau antar kota)
- 3) Lebar lajur atau jalan
- 4) Lebar bahu jalan
- 5) Kebebasan lateral (dari fasilitas pelengkap)
- 6) Kecepatan rencana
- 7) Alinyemen horizontal dan vertikal
- 8) Kondisi permukaan jalan dan cuaca

c. Kondisi Median

Kondisi median umumnya dibagi menjadi 3 kategori :

- 1) Medan datar, yaitu semua kombinasi dari alinyemen horisontal dan vertikal dan kelandaian yang tidak menyebabkan kendaraan angkutan barang kehilangan kecepatan dan dapat mempertahankan kecepatan yang sama seperti kecepatan mobil penumpang.
- 2) Medan bukit, yaitu semua kombinasi dari alinyemen horisontal dan vertikal dan kelandaian yang menyebabkan kendaraan angkutan barang kehilangan kecepatan tetapi tidak menyebabkan mereka merayap untuk periode waktu yang panjang.
- 3) Medan gunung, yaitu semua kombinasi dari alinyemen horisontal dan vertikal dan kelandaian yang menyebabkan kendaraan angkutan barang merayap untuk periode yang cukup lama dengan interval sering.

d. Populasi Pengemudi

Karakteristik arus lalu lintas sering kali dihubungkan dengan kondisi lalu lintas pada hari kerja yang teratur. Kapasitas di luar hari kerja atau bahkan di luar jam sibuk pada hari kerja mungkin lebih rendah.

e. Kondisi Pengendalian Lalu Lintas

Kondisi pengendalian lalu lintas mempunyai pengaruh nyata pada kapasitas jalan, tingkat pelayanan, dan arus jenuh. Bentuk pengendalian lalu lintas tipikal termasuk :

- 1) Lampu lalu lintas
- 2) Rambu dan marka jalan

### Perhitungan Kapasitas Jalan Kota

Rumus yang digunakan untuk menghitung kapasitas jalan kota berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia adalah sebagai berikut :

$$C = C_o \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS}$$

Keterangan :

$C$  = Kapasitas (smp/jam)

$C_o$  = Kapasitas dasar (smp/jam)

$FC_W$  = Faktor koreksi kapasitas untuk lebar lajur lalu lintas

$FC_{SP}$  = Faktor koreksi kapasitas untuk pembagian arah (tidak berlaku untuk jalan satu arah)

$FC_{SF}$  = Faktor koreksi kapasitas akibat gangguan samping

$FC_{CS}$  = Faktor koreksi kapasitas akibat gangguan ukuran kota

Ekivalensi mobil penumpang (emp) yang digunakan untuk jalan kota berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 disajikan dalam Tabel 2.2 berikut ini :

**Tabel 2.2** Ekivalensi Mobil Penumpang untuk jalan perkotaan

Tipe Jalan	Arus Lalu Lintas (kend/jam)	Emp		
		Kendaraan Berat (HV)	Sepeda Motor (MC)	
			lebar ≤ 6m	lebar > 6m
Dua lajur tak terbagi	0	1,3	0,50	0,40
	≥ 1800	1,2	0,35	0,25
Empat lajur tak terbagi	0	1,3	0,40	
	≥ 3700	1,2	0,25	
2 lajur satu arah	0	1,3	0,40	
4 lajur terbagi	≥ 1500	1,2	0,25	
3 lajur satu arah	0	1,3	0,40	
6 lajur terbagi	≥ 1100	1,2	0,25	

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

### 1) Kapasitas Dasar

Kapasitas dasar jalan tergantung pada tipe jalan, jumlah lajur, dan apakah jalan dipisahkan dengan pemisah fisik atau tidak, seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.3. berikut :

**Tabel 2.3.** Kapasitas Dasar Jalan (Co)

Tipe Jalan	Kapasitas Dasar (smp/jam)	Catatan
4 lajur terbagi atau jalan 1 arah	1650	per lajur
4 lajur tak terbagi	1500	per lajur
2 lajur tak terbagi	2900	kedua arah

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Kapasitas dasar untuk jalan yang lebih dari 4 lajur dapat diperkirakan dengan menggunakan kapasitas per lajur yang diberikan dalam Tabel 2.9, meskipun mempunyai lebar jalan yang tidak standar.

### 2) Faktor Koreksi Kapasitas akibat Pembagian Arah ( $FC_{SP}$ )

Dapat dilihat dalam tabel 2.4. dibawah ini :

**Tabel 2.4.** Faktor koreksi akibat pembagian arah ( $FC_{SP}$ )

Pembagian Arah		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
$FC_{SP}$	2/2 UD	1,00	0,970	0,940	0,910	0,880
	4/2 UD	1,00	0,985	0,970	0,955	0,940

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Untuk jalan terbagi dan jalan satu arah faktor penyesuaian kapasitas untuk pembagian arah tidak dapat diterapkan.

### 3) Faktor Koreksi Kapasitas akibat Lebar Lajur Lalu Lintas ( $FC_w$ )

Faktor koreksi kapasitas akibat lebar lajur lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 2.5. dibawah ini :

**Tabel 2.5.** Faktor koreksi akibat lebar lajur lalu lintas ( $FC_w$ )

Tipe Jalan	Lebar Jalur Efektif (m)	$FC_w$	Keterangan
4 lajur terbagi atau jalan satu arah	3,00	0,92	per lajur
	3,25	0,96	
	3,50	1,00	
	3,75	1,04	
	4,00	1,08	
4 lajur tidak pisah	3,00	0,91	per lajur
	3,25	0,95	
	3,50	1,00	
	3,75	1,05	
	4,00	1,09	
2 lajur tidak terbagi	5	0,56	total kedua arah
	6	0,87	
	7	1,00	
	8	1,14	
	9	1,25	
	10	1,29	
11	1,34		

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Faktor koreksi kapasitas untuk jalan yang mempunyai lebih dari 4 lajur dapat diperkirakan menggunakan faktor koreksi kapasitas untuk kelompok jalan 4 lajur.

#### 4) Faktor Penyesuaian Bahu Jalan dan Kerb

Faktor koreksi akibat gangguan samping pada jalan yang memiliki bahu jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.6. berikut :

**Tabel 2.6.** Faktor koreksi akibat hambatan samping  $FC_{SF}$  untuk jalan yang mempunyai bahu jalan

Tipe Jalan	Hambatan Samping	Faktor penyesuaian bahu jalan dengan jarak ke penghalang			
		Lebar efektif bahu jalan (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	0,95
4/2 D	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 D 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 Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Catatan :

- Tabel tersebut di atas menganggap bahwa lebar bahu di kiri dan kanan jalan sama, jika lebar bahu di kiri dan kanan jalan berbeda, maka digunakan nilai rata-ratanya.
- Lebar efektif bahu adalah lebar yang bebas dari segala rintangan, bila di tengah terdapat pohon, maka lebar efektifnya adalah setengahnya.

**Tabel 2.7.** Faktor penyesuaian untuk kerb

Tipe Jalan	Hambatan Samping	Faktor penyesuaian bahu jalan dengan jarak ke penghalang			
		Jarak Kerb (Wk)			
		≤0,5	1,0	1,5	≥2,0
4/2 D	VL	0,95	0,97	0,99	1,01
	L	0,94	0,96	0,98	1,00
	M	0,91	0,93	0,95	0,98
	H	0,86	0,89	0,92	0,95
	VH	0,81	0,85	0,88	0,92
4/2 D	VL	0,95	0,97	0,99	1,01
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,90	0,92	0,95	0,97
	H	0,84	0,87	0,90	0,93
	VH	0,77	0,81	0,85	0,90
2/2 D atau jalan satu arah	VL	0,94	0,95	0,97	0,99
	L	0,90	0,92	0,95	0,97
	M	0,86	0,88	0,91	0,94
	H	0,78	0,81	0,84	0,88
	VH	0,68	0,72	0,77	0,82

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Kerb berpengaruh terhadap :

- a) Pengurangan kecepatan dan kapasitas walaupun tidak terdapat rintangan pada kerb.
- b) Bila terdapat rintangan yang terletak pada kerb, maka akan mengurangi sedikit gesekan sampingnya.

### 5) Hambatan Samping

Nilai yang digunakan mulai dari kelas hambatan samping yang sangat rendah hingga dengan yang sangat tinggi ditunjukkan dalam Tabel 2.8. berikut :

**Tabel 2.8.** Kegiatan di sekitar jalan

Komponen hambatan samping	Kelas hambatan samping				
	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
Pergerakan jalan kaki	0	1	2	4	7
Angkutan kota berhenti di jalan	0	1	3	6	9
Kendaraan masuk dan keluar	0	1	3	5	8

Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997*

Angka yang terdapat pada Tabel 2.8. diatas dijumlahkan bila terdapat kombinasi dari ketiga komponen hambatan samping. Faktor koreksi kapasitas untuk 6 lajur dapat diperkirakan dengan menggunakan faktor koreksi kapasitas untuk jalan 4 lajur dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

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

Keterangan :

$FC_{6SF}$  = Faktor koreksi kapasitas untuk 6 lajur

$FC_{4SF}$  = Faktor koreksi kapasitas untuk 4 lajur

**Tabel 2.9.** Nilai total dan kelas hambatan samping

Nilai total	Kelas hambatan samping
0 -1	Sangat rendah
2 - 5	Rendah
6 -11	Sedang
12 - 18	Tinggi
19 - 24	Sangat tinggi

Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997*

Penilaian pada Tabel 2.9. di atas dilakukan atas dasar :

**Tabel 2.10.** Penilaian besarnya hambatan samping

Komponen hambatan	Jumlah hambatan samping				
	VL	L	M	H	VH
Pejalan kaki (pjlkk / jam)	0	0 - 80	80 - 120	120 - 220	> 220
Pejalan kaki menyebrang (pjlkk / jam / km)	0	0 - 200	200 - 500	500 - 1300	>1300
Angkutan berhenti	0	0 - 100	100 - 300	300 - 700	>700
Kend. Keluar / masuk persil (kend / jam / km)	0	0 - 200	200 - 500	500 - 800	>800

*Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997*

#### 6) Faktor Ukuran Kota ( $FC_{Cs}$ )

Berdasar hasil penelitian ternyata ukuran kota mempengaruhi kapasitas seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.11. berikut :

**Tabel 2.11.** Faktor ukuran kota ( $FC_{Cs}$ )

Ukuran Kota (juta orang)	$FC_{Cs}$
<0,1	0,86
0,1 - 0,5	0,90
0,5 - 1,0	0,94
1,0 - 3,0	1,00
$\geq 3,0$	1,04

*Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997*

## 2.6. DERAJAT KEJENUHAN / DEGREE OF SATURATION (DS)

Derajat kejenuhan adalah rasio arus terhadap kapasitas jalan. Biasanya digunakan sebagai factor kunci dalam penentuan perilaku lalu lintas pada suatu segmen jalan dan simpang. Dari nilai derajat kejenuhan ini, dapat diketahui apakah segmen jalan tersebut akan memiliki kapasitas yang cukup atau tidak. Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, persamaan untuk mencari besarnya kejenuhan adalah sebagai berikut :

$$DS = Q / C$$

Keterangan :

DS = derajat kejenuhan

Q = volume kendaraan (smp / jam)

C = kapasitas jalan (smp / jam)

Jika nilai  $DS < 0.75$ , maka jalan tersebut masih layak, tetapi jika  $DS > 0.75$  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 jalan mengurangi penyebab gangguan, misalnya dengan memindahkan tempat parker, mengontrol pejalan kaki atau dengan memindahkan lalu lintas ke rute yang lainnya atau mungkin dengan cara pengaturan yang lain seperti membuat jalan satu arah.

Strategi dan teknik yang dapat dilakukan manajemen lalu lintas adalah sebagai berikut :

### 1. Manajemen kapasitas

Hal yang penting dalam manajemen kapasitas adalah membuat penggunaan kapasitas ruas jalan seefektif mungkin sehingga pergerakan lalu lintas bisa lancar. Teknik yang dapat dilakukan antara lain :

- a) Perbaikan persimpangan dengan penggunaan control dan geometrik secara optimal

- b) Manajemen ruas jalan seperti control parker di tepi jalan, pemisahan tipe kendaraan dan pelebaran jalan.
- c) *Area Traffic Control*, seperti batasan tempat membelok, sistem jalan satu arah dan koordinasi lampu lalu lintas.

2. Manajemen prioritas

Hal yang penting dalam manajemen prioritas adalah prioritas bagi kendaraan penumpang umum yang menggunakan angkutan missal karena kendaraan tersebut bergerak dengan jumlah penumpang yang banyak dengan demikian efisiensi penggunaan ruas jalan dapat dicapai. Hal yang dapt dilakukan antara lain adalah dengan penggunaan :

- a) Jalur khusus bus
- b) Prioritas persimpangan
- c) Jalur khusus sepeda
- d) Prioritas bagi angkutan barang

3. Manajemen terhadap permintaan (demand)

Strategi yang dapat dilakukan dalam manajemen permintaan ini antara lain:

- a) Mengubah rute kendaraan dengan tujuan memindahkan kendaraan dari daerah macet ke daerah tidak macet.
- b) Mengubah moda perjalanan dari kendaraan pribadi ke angkutan umum
- c) Kontrol terhadap penyediaan tata guna lahan

**2.7. KECEPATAN ARUS BEBAS**

Seperti pada analisa kapasitas, derajat kejenuhan, kecepatan arus bebas pada jalan-jalan sekitar Kampus Undip Tembalang juga ditemtukan oleh karakteristik jalan-jalan tersebut.Kecepatan arus bebas (FV) diperoleh dengan menggunakan rumus :

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

Keterangan :

FV = Kecepatan arus bebas (km/jam)

FV<sub>0</sub> = Kecepatan arus bebas dasar (km/jam)

FV<sub>w</sub> = Faktor koreksi kecepatan arus bebas dasar akibat lebar jalan

$FFV_{SF}$  = Faktor koreksi kecepatan arus bebas akibat hambatan samping

$FFV_{CS}$  = Faktor koreksi kecepatan arus bebas akibat ukuran kota

**Tabel 2.12.** Kecepatan arus bebas dasar

Tipe jalan	Kecepatan Arus Bebas Dasar ( $FV_0$ )			
	LV	HV	MC	Rata-rata
6/2 D atau 3/1	61	52	48	57
4/2 D atau 2/1	57	50	47	55
4/2 UD	53	46	43	51
2/2 UD	44	40	40	42

Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997*

Kecepatan arus bebas untuk jalan 8 lajur dianggap sama seperti jalan 6 lajur pada Tabel 2.12. di atas.

**Tabel 2.13.** Faktor koreksi kecepatan arus bebas akibat lebar jalan

Tipe jalan	Lebar lalu lintas (m)	$FV_w$ (km/jam)
4/2 D atau jalan satu arah	Per jalur	-4
	3,00	-2
	3,25	0
	3,50	2
	3,75	4
	4,00	
4/2 UD	Per lajur	
	3,00	-4
	3,25	-2
	3,50	0
	3,75	2
	4,00	4

2/2 D	Total dua arah	
	5	-9,5
	6	-3
	7	0
	8	3
	9	4
	10	6
11	7	

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Untuk jalan lebih dari 4 lajur (banyak lajur), nilai factor koreksi  $FV_w$  untuk jalan 4 lajur dua arah terbagi (4/2 UD) pada Tabel 2.13. di atas dapat digunakan.

**Tabel 2.14.** Faktor koreksi kecepatan arus bebas akibat hambatan samping untuk jalan yang mempunyai bahu jalan

Tipe jalan	Hambatan samping	Factor koreksi			
		Lebar efektif bahu jalan (m)			
		$\leq 0.5$	1.0	1.5	$\geq 2.0$
4/2 D	VL	1.02	1.03	1.03	1.04
	L	0.98	1.00	1.02	1.03
	M	0.94	0.97	1.00	1.02
	H	0.89	0.93	0.96	0.99
	VH	0.84	0.88	0.92	0.96
4/2 UD	VL	1.02	1.03	1.03	1.01
	L	0.98	1.00	1.02	1.00
	M	0.93	0.96	0.99	0.97
	H	0.87	0.91	0.94	0.93
	VH	0.80	0.86	0.90	0.90
2/2 UD atau jalan satu arah	VL	1.00	1.01	1.01	1.01
	L	0.96	0.98	0.99	1.00
	M	0.90	0.93	0.96	0.98
	H	0.82	0.86	0.90	0.95
	VH	0.73	0.79	0.85	0.91

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

**Tabel 2.15.** Faktor koreksi kecepatan arus bebas akibat hambatan samping untuk jalan yang mempunyai kerb

Tipe jalan	Hambatan samping	Faktor koreksi			
		Jarak kerb - penghalang (m)			
		≤0.5	1.0	1.5	≥2.0
4/2 D	VL	1.00	1.01	1.01	1.02
	L	0.97	0.98	0.99	1.00
	M	0.93	0.95	0.97	0.99
	H	0.87	0.90	0.93	0.96
	VH	0.81	0.85	0.88	0.92
4/2 UD	VL	1.00	1.01	1.01	1.02
	L	0.96	0.98	0.99	1.00
	M	0.91	0.93	0.96	0.98
	H	0.84	0.87	0.90	0.94
	VH	0.77	0.81	0.85	0.90
2/2 UD atau jalan satu arah	VL	0.98	0.99	0.99	1.00
	L	0.93	0.95	0.96	0.98
	M	0.87	0.89	0.92	0.95
	H	0.78	0.81	0.84	0.88
	VH	0.68	0.72	0.77	0.82

Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997*

Sedangkan untuk jalan 6 lajur, factor koreksi akibat hambatan samping ( $FFV_{SF}$ ) dapat ditentukan dengan menggunakan nilai  $FFV_{SF}$  untuk jalan 4 lajur pada Tabel 2.21 di atas yang disesuaikan dengan menggunakan rumus :

$$FFV_{6,SF} = 1 - 0,8 \times (1 - FFV_{4,SF})$$

Keterangan :

$FFV_{6,SF}$  = factor koreksi akibat hambatan samping untuk jalan 6 lajur

$FFV_{4,SF}$  = factor koreksi akibat hambatan samping untuk jalan 4 lajur

**Tabel 2.16.** Faktor koreksi kecepatan arus bebas akibat ukuran kota

Ukuran kota (juta jiwa)	FFV <sub>CS</sub>
<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 Kapasitas Jalan Indonesia 1997*

## 2.8. PERJALANAN TOTAL

Perjalanan total merupakan jumlah / akumulasi dari jarak maupun waktu total yang harus ditempuh oleh pengendara untuk mencapai suatu tempat tujuan. Perjalanan total erat kaitannya dengan pemilihan rute, karena setiap rute memiliki total perjalanan yang berbeda - beda.

Faktor – faktor yang mempengaruhi suatu perjalanan total yaitu :

- a. Panjang jalan
- b. Hambatan samping
- c. Jumlah simpang
- d. Alinyemen jalan
- e. Lingkungan

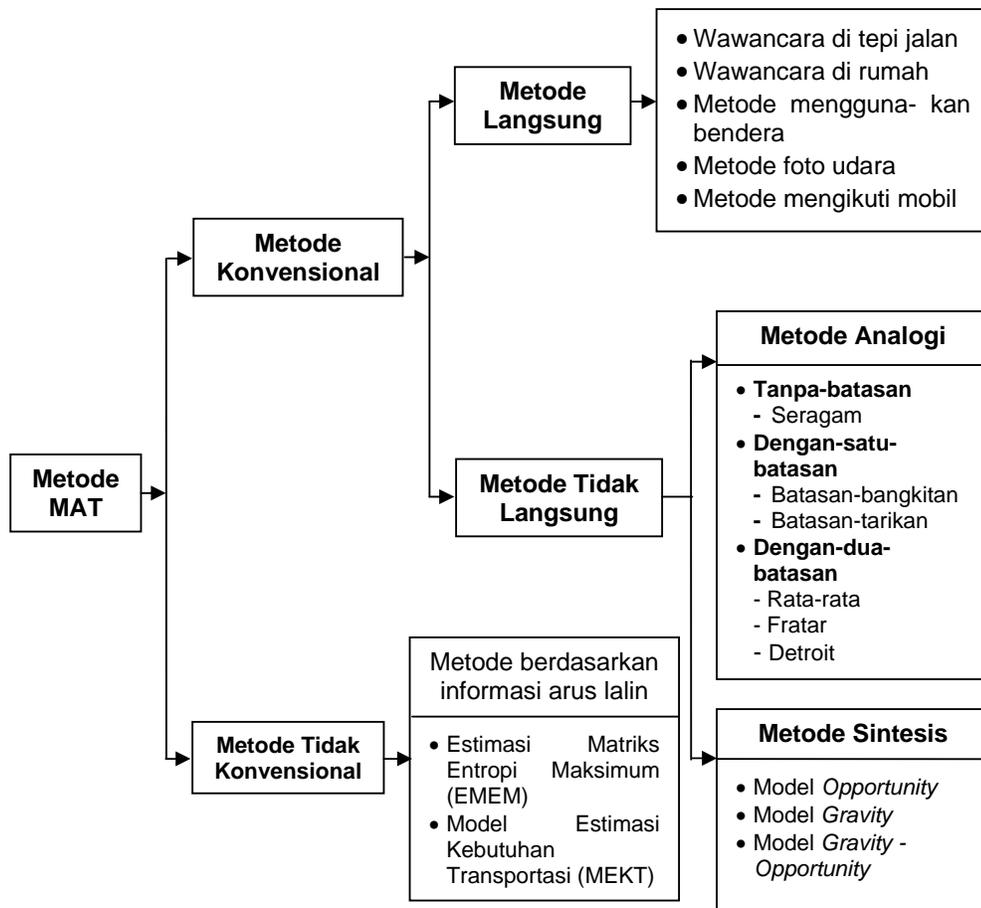
## 2.9. METODE SEBARAN PERGERAKAN (METODE ANALOGI)

Pola pergerakan dalam sistem transportasi sering dijelaskan dalam bentuk arus pergerakan (kendaraan, penumpang, dan barang) yang bergerak dari zona asal ke zona tujuan di dalam daerah tertentu dan selama periode waktu tertentu. Matriks Pergerakan atau Matriks Asal-Tujuan (MAT) sering digunakan oleh perencana transportasi untuk menggambarkan pola pergerakan tersebut.

MAT adalah matriks berdimensi dua yang berisi informasi mengenai besarnya pergerakan antarlokasi (zona) di dalam daerah tertentu. Baris menyatakan zona asal dan kolom menyatakan zona tujuan, sehingga sel matriks-nya

menyatakan besarnya arus dari zona asal ke zona tujuan. Dalam hal ini, notasi *Tid* menyatakan besarnya arus pergerakan (kendaraan, penumpang, atau barang) yang bergerak dari zona asal *i* ke zona tujuan *d* selama selang waktu tertentu.

Berbagai usaha dilakukan untuk mendapatkan MAT dan terdapat beberapa metode yang dapat digunakan. Hadirnya beberapa metode yang tidak begitu mahal pelaksanaannya dirasakan sangat berguna, karena MAT sangat sering dipakai dalam berbagai kajian transportasi. Metode untuk mendapatkan MAT dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) bagian utama, yaitu metode Konvensional dan metode Tidak Konvensional. Untuk lebih jelasnya pengelompokan digambarkan dalam diagram seperti terlihat pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.3.** Metode untuk mendapatkan Matriks Asal-Tujuan (MAT)

### 2.9.1. Definisi dan Notasi

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, MAT dapat digunakan untuk menggambarkan pola pergerakan di dalam daerah kajian. MAT adalah matriks berdimensi dua di mana setiap baris dan kolomnya menggambarkan zona asal dan tujuan didalam daerah kajian (termasuk juga zona di luar daerah kajian), seperti terlihat pada Tabel 2.17., sehingga setiap sel matriks berisi informasi pergerakan antarzona. Sel dari setiap baris  $i$  berisi informasi mengenai pergerakan yang berasal dari zona  $i$  tersebut ke setiap zona tujuan  $d$ , sedangkan sel dari setiap kolom  $d$  berisi informasi mengenai pergerakan yang menuju ke zona  $d$  tersebut dari setiap zona asal  $i$ . Sel pada diagonal berisi informasi mengenai pergerakan intrazona ( $i=d$ ). Oleh karena itu :

- $T_{id}$  = pergerakan dari zona asal  $i$  ke zona tujuan  $d$   
 $O_i$  = jumlah pergerakan yang berasal dari zona asal  $i$   
 $D_d$  = jumlah pergerakan yang menuju ke zona tujuan  $d$   
 $\{T_{id}\}$  atau  $T$  = total matriks

**Tabel 2.17.** Bentuk umum dari Matriks Asal-Tujuan (MAT)

Zona	1	2	3	...	N	$O_i$
1	$T_{11}$	$T_{12}$	$T_{13}$	...	$T_{1N}$	$O_1$
2	$T_{21}$	$T_{22}$	$T_{23}$	...	$T_{2N}$	$O_2$
3	$T_{31}$	$T_{32}$	$T_{33}$	...	$T_{3N}$	$O_3$
.	.	.	.	...	.	.
.	.	.	.	...	.	.
.	.	.	.	...	.	.
N	$T_{N1}$	$T_{N2}$	$T_{N3}$	...	$T_{NN}$	$O_N$
$D_d$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	...	$D_N$	T

Sumber : Ofzyar Z Tamin, 2003

$$O_i = \sum_{d=1}^N T_{id}$$

$$D_d = \sum_{i=1}^N T_{id}$$

$$T = \sum_{i=1}^N O_i = \sum_{d=1}^N D_d = \sum_{i=1}^N \sum_{d=1}^N T_{id}$$

Beberapa kondisi harus dipenuhi, seperti total sel matriks untuk setiap baris berisi  $\underline{i}$  harus sama dengan jumlah pergerakan yang berasal dari zona asal  $\underline{i}$  tersebut ( $O_i$ ). Sebaliknya, total sel matriks untuk setiap kolom  $\underline{d}$  harus sama dengan jumlah pergerakan yang menuju ke zona tujuan  $\underline{d}$  ( $D_d$ ). Kedua batasan ini ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$\sum_{d=1}^N T_{id} = O_i \text{ dan } \sum_{i=1}^N T_{id} = D_d$$

Batasan tersebut dapat juga dinyatakan dengan cara lain. Total pergerakan yang dibangkitkan dari suatu zona  $\underline{i}$  harus sama dengan total pergerakan yang berasal dari zona  $\underline{i}$  tersebut yang menuju ke setiap zona tujuan  $\underline{d}$ . Sebaliknya, total pergerakan yang tertarik ke suatu zona  $\underline{d}$  harus sama dengan total pergerakan yang menuju ke zona  $\underline{d}$  tersebut yang berasal dari setiap zona asal  $\underline{i}$ .

### 2.9.2. Metode Analogi

Beberapa metode telah dikembangkan oleh para peneliti, dan setiap metode berasumsi bahwa pola pergerakan pada saat sekarang dapat diproyeksikan ke masa mendatang dengan menggunakan tingkat pertumbuhan zona yang berbeda-beda. Semua metode mempunyai persamaan umum seperti berikut :

$$T_{id} = t_{id} \cdot E$$

$T_{id}$  = pergerakan pada masa mendatang dari zona asal i ke zona tujuan d

$t_{id}$  = pergerakan pada masa sekarang dari zona asal i ke zona tujuan d

$E$  = tingkat pertumbuhan

Tergantung pada metode yang digunakan, tingkat pertumbuhan (E) dapat berupa 1 (satu) faktor saja atau kombinasi dari berbagai faktor, yang bisa didapat dari proyeksi tata guna lahan atau bangkitan lalu lintas. Faktor tersebut dapat dihitung untuk semua daerah kajian atau zona tertentu saja yang kemudian digunakan untuk mendapatkan MAT.

### 2.10.3. Metode Rata-rata

Metode rata-rata adalah usaha pertama untuk mengatasi adanya tingkat pertumbuhan daerah yang berbeda-beda. Metode ini menggunakan tingkat pertumbuhan daerah yang berbeda untuk setiap zona yang dapat dihasilkan dari peramalan tata guna lahan dan bangkitan lalu lintas. Secara matematis, hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

$$T_{id} = t_{id} \left( \frac{E_i + E_d}{2} \right)$$

$$E_i = \frac{O_i}{o_i} \text{ dan } E_d = \frac{D_d}{d_d}$$

$E_i, E_d$  = tingkat pertumbuhan zona  $\underline{i}$  dan  $\underline{d}$

$O_i, D_d$  = total pergerakan masa mendatang yang berasal dari zona asal  $\underline{i}$  atau yang menuju ke zona tujuan  $\underline{d}$

$o_i, d_d$  = total pergerakan masa sekarang yang berasal dari zona asal  $\underline{i}$  atau yang menuju ke zona tujuan  $\underline{d}$

Secara umum, total pergerakan masa mendatang yang dihasilkan tidak sama dengan total pergerakan yang didapat dari hasil analisis bangkitan lalu lintas. Akan tetapi, yang diharapkan adalah :

$$o_i = O_i$$

$o_i$  = total pergerakan masa mendatang dengan zona asal  $\underline{i}$

$O_i$  = total pergerakan masa mendatang (dari analisis bangkitan lalu lintas) dengan zona asal

Jadi, proses pengulangan harus dilakukan untuk meminimumkan besarnya perbedaan tersebut dengan mengatur nilai  $E_i$  dan  $E_d$  sampai  $o_i = O_i$  dan  $d_d = D_d$  sehingga :

$$E_i^0 = \frac{O_i}{o_i} \text{ dan } E_d^0 = \frac{D_d}{d_d}$$

Untuk pengulangan ke-1 digunakan persamaan diatas sehingga dihasilkan MAT baru dengan :

$$T^1_{id} = t^0_{id} \left( \frac{E^0_i + E^0_d}{2} \right)$$

Untuk pengulangan ke-n digunakan persamaan diatas sehingga dihasilkan MAT baru dengan :

$$T^n_{id} = t^{n-1}_{id} \left( \frac{E^{n-1}_i + E^{n-1}_d}{2} \right)$$

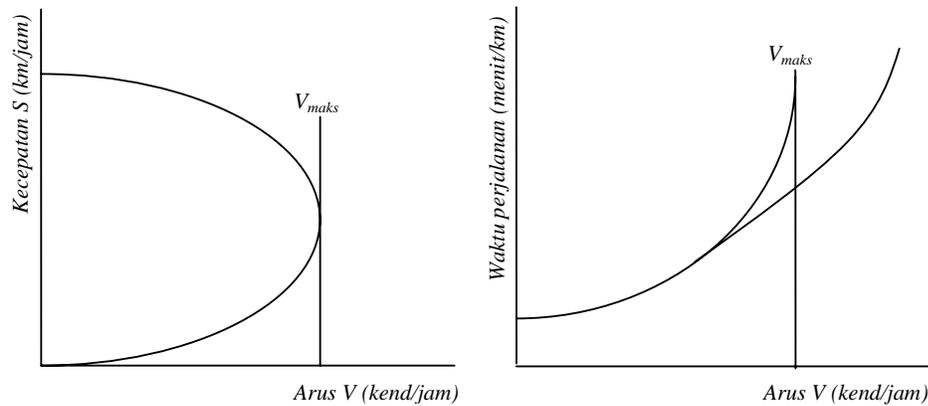
## 2.10. METODE PEMILIHAN RUTE

Pada sistem transportasi dapat dilihat bahwa kondisi keseimbangan dapat terjadi pada beberapa tingkat. Yang paling sederhana adalah keseimbangan pada sistem jaringan jalan, setiap pelaku perjalanan mencoba mencari rute terbaik masing-masing yang meminimumkan biaya perjalanan (misalnya waktu). Hasilnya, mereka mencoba mencari beberapa rute alternatif yang akhirnya berakhir pada suatu pola rute yang stabil (kondisi keseimbangan) setelah beberapa kali mencoba-coba.

Proses pengalokasian pergerakan tersebut menghasilkan suatu pola rute yang arus pergerakannya dapat dikatakan berada dalam keadaan keseimbangan, jika setiap pelaku perjalanan tidak dapat lagi mencari rute yang lebih baik untuk mencapai zona tujuannya, karena mereka telah bergerak pada rute terbaik yang tersedia. Kondisi ini dikenal dengan kondisi keseimbangan jaringan jalan.

### 2.10.1. Kurva Kecepatan-Arus dan Biaya-Arus

Dalam rekayasa lalu lintas dikenal hubungan yang sangat sering digunakan, yaitu pengaruh arus pada kecepatan kendaraan bergerak pada ruas jalan tertentu. Konsep ini pada awalnya dikembangkan untuk ruas yang panjang pada jalan bebas hambatan atau terowongan. Hubungan kecepatan-arus sering digambarkan seperti Gambar 2.4.



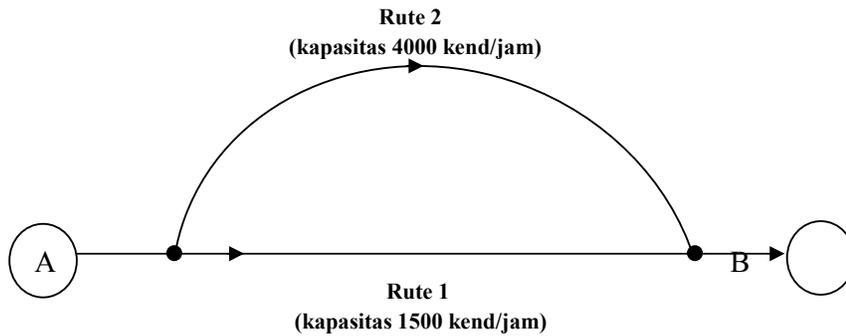
**Gambar 2.4.** Hubungan tipikal kecepatan-arus dan biaya-arus

*Sumber : Ofyar Z Tamin, 2003*

Jika arus lalu lintas meningkat, kecepatan cenderung menurun secara perlahan. Jika arus mendekati kapasitas, penurunan kecepatan semakin besar. Arus maksimum didapat pada saat kapasitas tercapai. Apabila kondisi tersebut terus dipaksakan untuk mendapatkan arus yang melebihi kapasitas, maka akan terjadi kondisi yang tidak stabil dan malah tercipta arus yang lebih kecil dengan kecepatan yang lebih rendah.

Tujuan tahapan pemilihan rute ini adalah mengalokasikan setiap pergerakan memilih rute yang meminimumkan biaya perjalanannya (rute tercepat jika dia lebih mementingkan waktu dibandingkan jarak atau biaya), maka adanya penggunaan ruas yang lain mungkin disebabkan oleh perbedaan persepsi pribadi tentang biaya atau mungkin juga disebabkan oleh keinginan menghindari kemacetan.

Pertimbangkan sepasang zona asal-tujuan A dan B yang mempunyai 2 (dua) buah rute alternatif. Rute 1 berjarak pendek dan berkapasitas rendah (1500 kend/jam) serta rute 2 berjarak lebih panjang, tetapi berkapasitas lebih tinggi (4000 kend/jam), seperti terlihat pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5.** Pasangan zona asal-tujuan yang mempunyai dua rute alternatif

Asumsikan pada jam sibuk pagi terdapat 4000 kendaraan bergerak dari zona A ke B dan setiap pengendara akan memilih rute terpendek (rute1). Sangatlah kecil kemungkinan bahwa semua kendaraan akan dapat melakukan hal tersebut, karena rute 1 pasti akan sangat macet, meskipun kapasitasnya belum tercapai. Beberapa kendaraan mulai akan memilih pilihan kedua yang mempunyai jarak lebih jauh untuk menghindari kemacetan dan tundaan. Akhirnya tidak semua kendaraan memilih rute 1, sebagian akan memilih rute 2 dengan alasan pemandangannya lebih menarik atau karena jaminan tidak akan terjadi kemacetan, meskipun jaraknya lebih jauh.

Beberapa jenis model tertentu akan lebih sesuai dalam mewakili hal tersebut. Beberapa model pemilihan rute sudah dikembangkan dan Tabel 2.18. memperlihatkan klasifikasi model tersebut sesuai dengan asumsi yang melatarbelakanginya.

**Tabel 2.18.** Klasifikasi model pemilihan rute

Kriteria		Efek stokastik yang dipertimbangkan?	
		Tidak	Ya
Efek batasan kapasitas dipertimbangkan ?	Tidak	<i>All-or-nothing</i>	Stokastik murni
	Ya	Keseimbangan Wardrop	Keseimbangan Pengguna Stokastik (KPS)

Seperti pemilihan moda, pemilihan rute dipengaruhi oleh alternatif terpendek, tercepat, dan termurah, dan juga diasumsikan bahwa pemakai jalan

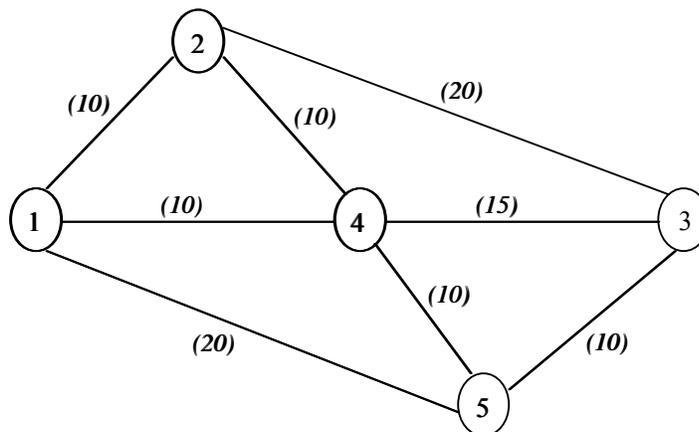
mempunyai informasi yang cukup (tentang kemacetan jalan) sehingga mereka dapat menentukan rute yang terbaik.

### 2.10.2. Model *All - Or - Nothing*

Model ini merupakan model pemilihan rute yang paling sederhana, yang mengasumsikan bahwa semua pengendara berusaha meminimumkan biaya perjalanannya yang tergantung pada karakteristik jaringan jalan dan asumsi pengendara. Jika semua pengendara memperkirakan biaya ini dengan cara yang sama, pastilah mereka memilih rute yang sama. Biaya ini dianggap tetap dan tidak dipengaruhi oleh efek kemacetan.

Metode ini dianggap bahwa semua perjalanan dari zona asal  $\underline{i}$  ke zona tujuan  $\underline{d}$  akan mengikuti rute tercepat. Dalam kasus tertentu, asumsi ini dianggap cukup realistis. Model ini merupakan model tercepat dan termudah dan sangat berguna untuk jaringan jalan yang tidak begitu rapat yang hanya mempunyai beberapa rute alternatif saja.

Gambar 2.6. berikut mengilustrasikan metode pembebanan *all-or-nothing* (angka pada setiap ruas adalah waktu tempuh dalam menit untuk ruas tersebut). Mudah dilihat bahwa rute tercepat dari zona  $\underline{i}$  ke zona  $\underline{d}$  adalah 1-4-3. Rute tercepat dari zona  $\underline{i}$  ke zona lainnya dalam daerah kajian dapat ditentukan, dan kumpulan rute itu disebut pohon dari zona  $\underline{i}$ .



**Gambar 2.6.** Jaringan Sederhana dan Waktu Tempuh Ruas

## 2.11. ANALISIS OUTLIER

Analisis outlier dikenal juga dengan analisis anomali atau deteksi anomali atau deteksi deviasi. Kita tahu bahwa beberapa data adalah nilai data yang benar terpisah dari sebagian besar sisa data, tetapi ini mungkin penilaian kualitatif. Kita membutuhkan suatu aturan untuk memutuskan seberapa ekstrim nilai data sebelum dinyatakan sebagai outlier. Aturan tersebut akan mengurus pengambilan keputusan ketika tidak jelas apakah nilai data adalah pencilan (outlier) atau tidak. Kriteria outlier :

1. Mendefinisikan satu langkah sebagai nomor yang 1 kali kisaran interkuartil.
2. Menentukan batas outlier atas menjadi kuartil atas ditambah langkah. Batas outlier bawah didefinisikan sebagai kuartil bawah dikurangi langkah.
3. Setiap nilai data yang berada di luar dari batasan outlier (baik lebih besar dari batas outlier atas atau lebih kecil dari batas outlier bawah) akan dinyatakan sebagai outlier.

Untuk menyatakan prosedur ini menggunakan rumus matematika, kita dapat menganggap nilai data  $X$  sebagai outlier jika salah satu :

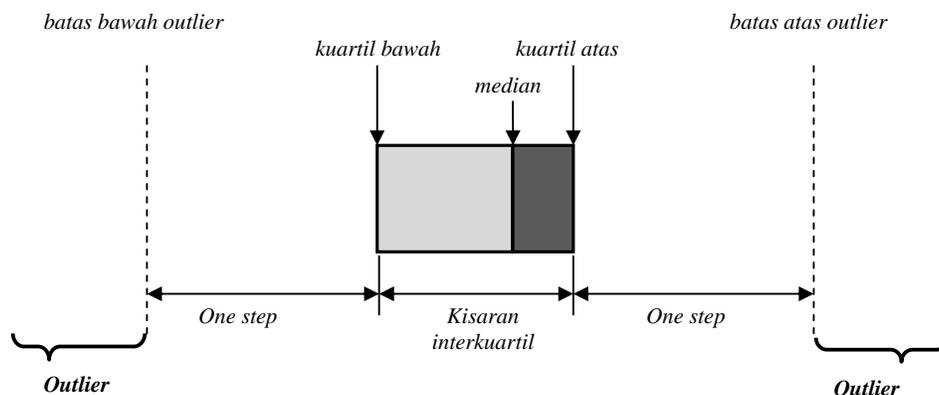
$$X > (\text{kuartil atas}) + \text{step}$$

Atau

$$X < (\text{kuartil bawah}) - \text{step}$$

Dimana

$$\text{Step} = 1 \times [(\text{kuartil atas}) - (\text{kuartil bawah})]$$



**Gambar 2.7.** Diagram Step dan Outlier