

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Persimpangan**

Pengertian persimpangan adalah lokasi atau daerah dimana dua atau lebih jalan, bergabung, berpotongan, atau bersilang yang fungsinya melakukan perubahan arah arus lalu lintas (Sony S Wibowo, 1997).

Persimpangan jalan adalah suatu daerah umum dimana dua atau lebih ruas jalan (*link*) saling bertemu/berpotongan yang mencakup fasilitas jalur jalan (*roadway*) dan tepi jalan (*roadside*), dimana lalu lintas dapat bergerak didalamnya. Persimpangan ini adalah merupakan bagian yang terpenting dari jalan raya sebab sebagian besar dari efisiensi, kapasitas lalu lintas, kecepatan, biaya operasi, waktu perjalanan, keamanan dan kenyamanan akan tergantung pada perencanaan persimpangan tersebut. Setiap persimpangan mencakup pergerakan lalu lintas lurus dan lalu lintas yang saling memotong pada satu atau lebih dari kaki persimpangan dan mencakup juga pergerakan perputaran.

#### **2.2 Jenis Persimpangan**

Ada dua jenis/macam persimpangan jalan dilihat dari perencanaannya yaitu (Sulaksono,2001) :

##### **2.2.1 Persimpangan sebidang (*at grade*)**

Pertemuan/persimpangan sebidang adalah pertemuan dua ruas jalan atau lebih secara sebidang I tidak saling bersusun. Pertemuan ini direncanakan sedemikian dengan tujuan untuk mengalirkan atau melewatkan lalu lintas dengan lancar serta mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan/pelanggaran sebagai akibat dari titik konflik yang ditimbulkan dari adanya pergerakan antara kendaraan bermotor, pejalan kaki, sepeda dan fasilitas-fasilitas lain atau dengan kata lain akan memberikan kemudahan, kenyamanan dan ketenangan terhadap pemakai jalan yang melalui persimpangan. Perencanaan persimpangan yang baik akan menghasilkan kualitas operasional yang baik seperti tingkat pelayanan, waktu tunda, panjang antrian dan kapasitas.

Simpang sebidang dapat dibedakan menjadi tipe persimpangan sebagai simpang T atau Y (3 kaki), simpang 4 kaki/lengan, simpang banyak kaki/lengan atau simpang kombinasi.

Menurut pengaturannya, simpang sebidang dapat dikelompokkan menjadi (Warpani,2002) :

a. Simpang Bersinyal

Simpang ini adalah pertemuan atau perpotongan pada suatu bidang antara dua atau lebih jalur jalan raya dengan simpang masing-masing, pada titik-titik simpang dilengkapi dengan lampu sinyal (*traffic light*) lalu lintas. Pada umumnya sinyal lalu lintas dipergunakan dengan alasan sebagai berikut :

- 1) Untuk menghindari kemacetan sebuah simpang oleh arus lalu-lintas yang berlawanan sehingga kapasitas simpang dapat dipertahankan selama keadaan lalu-lintas puncak.
- 2) Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu-lintas yang disebabkan oleh tabrakan antara kendaraan-kendaraan yang berlawanan arah. Pemasangan sinyal lalu-lintas dengan alasan keselamatan lalu-lintas umumnya diperlukan bila kecepatan kendaraan yang mendekati simpang sangat tinggi dan/atau jarak pandang terhadap gerakan lalu-lintas yang berlawanan tidak memadai yang disebabkan oleh bangunan-bangunan atau tumbuh-tumbuhan yang dekat pada sudut-sudut simpang.
- 3) Untuk mempermudah menyeberangi jalan utama bagi kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan minor.

Penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna (hijau, kuning, merah) diterapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu. Hal ini adalah keperluan yang mutlak bagi gerakan-gerakan lalu lintas yang datang dari jalan yang saling berpotongan (konflik utama). Sinyal-sinyal dapat juga digunakan untuk memisahkan gerakan membelok dari lalu lintas lurus melawan atau

memisahkan gerakan lalu lintas membelok dari pejalan kaki yang menyeberang (konflik kedua).

b. Simpang Tak Bersinyal

Simpang tak bersinyal adalah perpotongan atau pertemuan pada suatu bidang antara dua atau lebih jalur jalan raya dengan simpang masing-masing, dan pada titik-titik simpang tidak dilengkapi dengan lampu sebagai rambu-rambu simpang. Ketentuan dari aturan lalu lintas pada simpang tanpa lampu lalu lintas sangat mempengaruhi kelancaran pergerakan arus lalu lintas yang sangat berpotongan terutama pada simpang yang merupakan perpotongan dari ruas-ruas jalan yang mempunyai kelas jalan yang sama.

Pada umumnya simpang tak bersinyal dengan pengaturan hak jalan (prioritas dari sebelah kiri) digunakan di daerah permukiman perkotaan dan daerah pedalaman untuk persimpangan antara jalan lokal dengan arus lalu lintas rendah. Untuk persimpangan dengan kelas dan/atau fungsi jalan yang berbeda, lalu lintas pada jalan minor harus diatur dengan tanda "*yield*" atau "*stop*". Simpang tak bersinyal paling efektif apabila ukurannya kecil dan daerah konflik lalu lintasnya ditentukan dengan baik. Karena itu simpang ini sangat sesuai untuk persimpangan antara jalan dua lajur tak terbagi. Untuk persimpangan antara jalan yang lebih besar, misalnya antara dua jalan empat lajur, penutupan daerah konflik dapat terjadi dengan mudah sehingga menyebabkan gerakan lalu lintas terganggu sementara. Bahkan jika perilaku lalu lintas simpang tak bersinyal dalam tundaan rata-rata selama periode waktu yang lebih lama lebih rendah dari tipe simpang yang lain, simpang ini masih lebih disukai karena kapasitas tertentu dapat dipertahankan meskipun pada keadaan lalu lintas puncak.

### 2.2.2 Persimpangan Tak Sebidang (*grade separated*)

Persimpangan tidak sebidang adalah persimpangan dimana dua ruas jalan atau lebih saling bertemu tidak dalam satu bidang tetapi salah satu ruas berada diatas atau dibawah ruas jalan yang lain. Perencanaan pertemuan tidak sebidang dilakukan bila volume lalu lintas yang melalui suatu pertemuan sudah mendekati kapasitas jalan-jalannya, maka arus lalu lintas tersebut harus bisa melewati pertemuan tanpa terganggu atau tanpa berhenti, baik itu merupakan arus menerus atau merupakan arus yang membelok sehingga perlu diadakan pemisahan bidang (*Grade separation*) yang disebut sebagai simpang tidak sebidang (*Interchange*). Pada pertemuan tidak sebidang ini ada kemungkinan untuk membelok dari jalan yang satu kejalan yang lain dengan melalui jalur-jalur penghubung (*ramp*).

Jenis-jenis simpang tak sebidang antara lain :

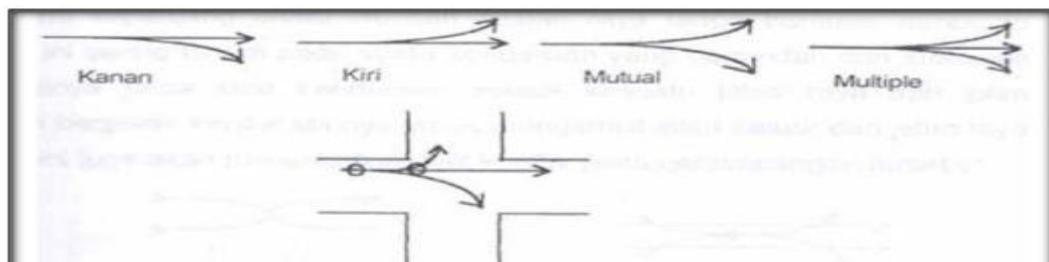
- a. T (*Trumpet*) atau Y, untuk simpang susun 3 kaki/lengan
- b. Diamond untuk simpang susun 4 kaki/lengan dan arus major dan minor
- c. *Clover Leaf*
- d. Directional atau langsung
- e. Kombinasi, merupakan penggabungan dari bentuk-bentuk diatas

### 2.3 Bentuk Pergerakan/Pertemuan arus di Persimpangan

Bentuk pergerakan/pertemuan arus di persimpangan ada 4, yaitu :

#### 2.3.1 *Diverging* (Memisah)

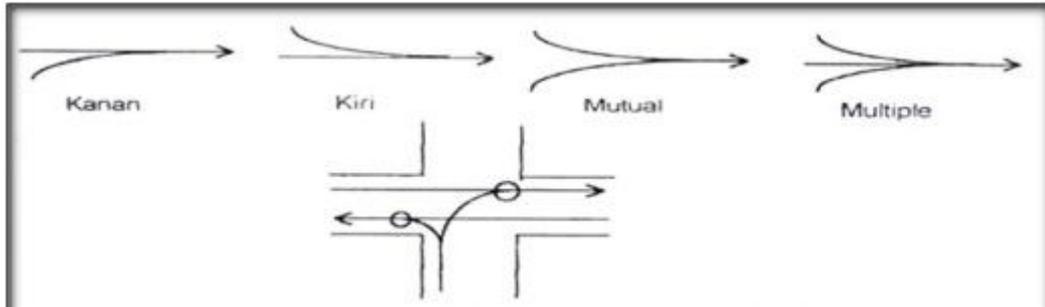
*Diverging* adalah peristiwa memisahkannya kendaraan dari suatu arus yang sama kejalur yang lain. Pada Gambar 2.1 dapat dilihat proses *diverging*.



Gambar 2.1 Arus Memisah (*Diverging*)

### 2.3.2 *Merging* (Menggabung)

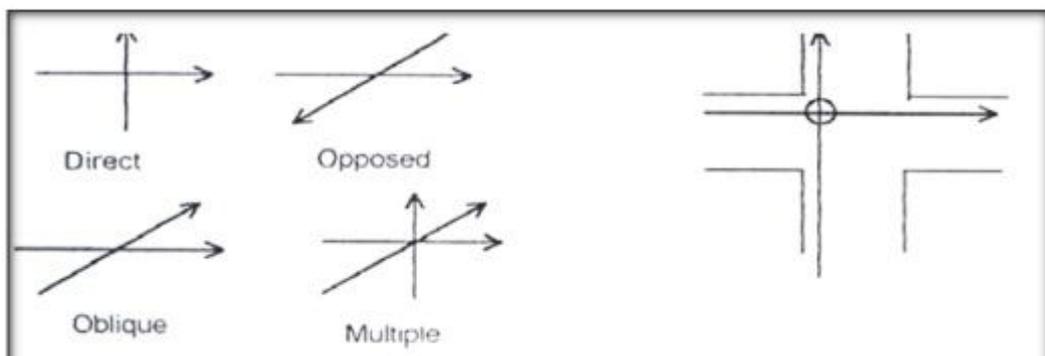
*Merging* adalah peristiwa menggabungnya kendaraan dari suatu jalur ke jalur yang lain. Pada Gambar 2.2 dapat dilihat proses *merging*.



Gambar 2.2 Arus Menggabung (*Merging*)

### 2.3.3 *Crossing* (Memotong)

*Crossing* adalah peristiwa perpotongan antara arus kendaraan dari satu jalur ke jalur yang lain pada persimpangan dimana keadaan yang demikian akan menimbulkan titik konflik pada persimpangan tersebut. Pada Gambar 2.3 dapat dilihat proses *Crossing*.

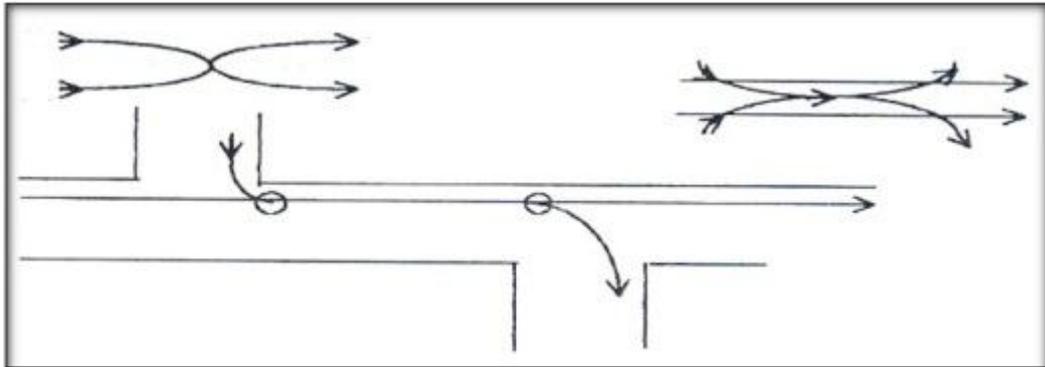


Gambar 2.3 Arus Memotong (*Crossing*)

### 2.3.4 *Weaving* (Menyilang)

*Weaving* adalah pertemuan dua arus lalu lintas atau lebih yang berjalan menurut arah yang sama sepanjang suatu lintasan di jalan raya tanpa bantuan rambu lalu lintas. Gerakan ini sering terjadi pada suatu kendaraan yang berpindah dari suatu jalur ke jalur lain misalnya pada saat kendaraan masuk ke suatu jalan raya dari jalan masuk, kemudian bergerak ke jalur lainnya untuk mengambil jalan

keluar dari jalan raya tersebut keadaan ini juga akan menimbulkan titik konflik. Pada Gambar 2.4 dapat dilihat proses *weaving*.



Gambar 2.4 Arus Menyilang (*Weaving*)

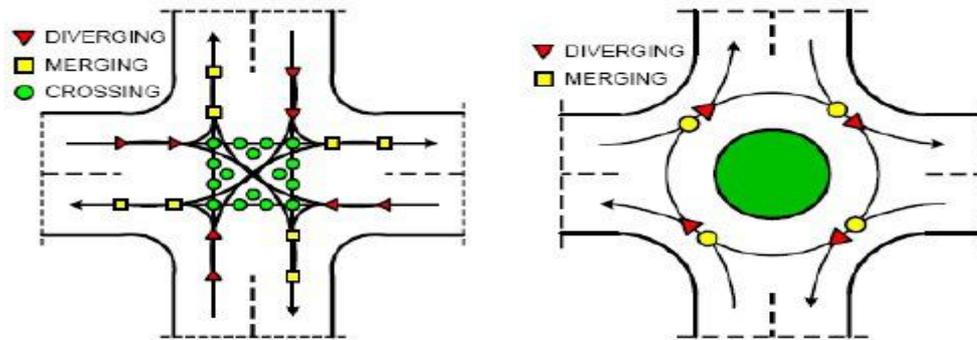
#### 2.4 Titik Konflik di Persimpangan

Keberadaan persimpangan pada suatu jaringan jalan, ditujukan agar kendaraan bermotor, pejalan kaki (pedestrian), dan kendaraan tidak bermotor dapat bergerak dalam arah yang berbeda dan pada waktu yang bersamaan. Dengan demikian pada persimpangan akan terjadi suatu keadaan yang menjadi karakteristik yang unik dari persimpangan yaitu munculnya konflik yang berulang sebagai akibat dari pergerakan (*manuver*) tersebut.

Berdasarkan sifatnya konflik yang ditimbulkan oleh manuver kendaraan dan keberadaan pedestrian dibedakan 2 tipe yaitu:

- a. Konflik primer yaitu konflik yang terjadi antara arus lalu lintas yang saling memotong.
- b. Konflik sekunder yaitu konflik yang terjadi antara arus lalu lintas kanan dengan arus lalu lintas arah lainnya dan atau lalu lintas belok kiri dengan para pejalan kaki.

Adapun titik konflik yang terjadi disuatu persimpangan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.5 Titik Konflik

Pada dasarnya jumlah titik konflik yang terjadi dipersimpangan tergantung beberapa faktor antara lain:

- a. Jumlah kaki persimpangan yang ada
- b. Jumlah lajur pada setiap kaki persimpangan
- c. Jumlah arah pergerakan yang ada
- d. Sistem pengaturan yang ada

## 2.5 Kondisi dan Karakteristik Jalan Raya

Karakteristik lalu lintas menjelaskan arus lalu lintas secara kuantitatif maupun kualitatif dalam kaitannya dengan kecepatan, besarnya arus dan kepadatan lalu lintas serta hubungannya dengan waktu maupun jenis kendaraan yang menggunakan ruang jalan. Karakteristik diperlukan untuk menjadi acuan perencanaan lalu lintas, karakteristik lalu lintas yang erat hubungannya dengan penganalisa dan perhitungan data-data sehingga menjadi jelas dan sistematis.

### 2.5.1 Karakteristik Geometrik

Dalam hal ini karakteristik geometrik meliputi tipe jalan, lebar jalur lalu lintas, kerb, bahu, median dan alinyemen jalan.

#### a. Tipe Jalan

Berbagai tipe jalan akan menunjukkan kinerja berbeda pada pembebanan lalu lintas tertentu. Misalnya : jalan terbagi dan tak terbagi, jalan satu arah.

b. Lebar Jalur Lalu Lintas

Kecepatan arus bebas dan kapasitas akan meningkat dengan penambahan lebar jalur lalu lintas.

c. Kerb

Kerb sebagai batas antara jalur lalu lintas dan trotoar yang berpengaruh terhadap dampak hambatan samping pada kapasitas dan kecepatan. Kapasitas jalan dengan kerb lebih kecil dari jalan dengan bahu. Kapasitas berkurang jika terdapat penghalang tetap dekat tepi jalur lalu lintas, tergantung apakah jalan itu mempunyai kerb atau bahu.

d. Bahu

Jalan perkotaan umumnya tanpa kerb tapi mempunyai bahu pada kedua sisi jalur lalu lintasnya. Lebar dan kondisi permukaannya mempengaruhi penggunaan bahu, berupa penambahan kapasitas dan kecepatan pada arus tertentu akibat penambahan lebar bahu terutama karena pengurangan hambatan samping yang disebabkan kejadian disisi jalan seperti kendaraan angkutan umum berhenti, pejalan kaki dan sebagainya.

e. Median

Median yang direncanakan dengan baik dapat meningkatkan kapasitas.

f. Alinyemen Jalan

Lengkung horizontal dengan jari-jari kecil mengurangi kecepatan arus bebas. Tanjakan yang curam juga mengurangi kecepatan arus bebas.

### 2.5.2 Karakteristik Kendaraan

Dalam berlalu lintas terdapat berbagai jenis kendaraan yang masing-masing mempunyai ciri tersendiri, dengan perbedaan seperti dimensi, berat, kapasitas angkut, tenaga penggerak, karakteristik pengendalian yang sangat berpengaruh dalam operasi lalu lintas sehari-hari serta dalam perencanaan dan pengendalian lalu lintas.

Pada studi ini jenis kendaraan yang diteliti dikelompokkan kedalam empat jenis dengan karakteristik dan definisi sebagai berikut :

a. Kendaraan Ringan (LV)

Kendaraan bermotor dua as beroda empat dengan jarak as 2,0 – 3,0 m (meliputi : mobil penumpang, opelet, mikrobis dan truk kecil sesuai dengan system klasifikasi Bina Marga)

b. Kendaraan Berat (HV)

Kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,5 m (meliputi : bis truk dua as, truk tiga as dan truk kombinasi sesuai sistem klasifikasi Bina Marga)

c. Sepeda Motor (MC)

Kendaraan bermotor beroda dua atau tiga (meliputi : sepeda motor dan kendaraan roda 3 sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga)

d. Kendaraan Tak Bermotor (UM)

Kendaraan beroda yang menggunakan tenaga manusia atau hewan (meliputi : sepeda, becak, gerobak, kereta dorong sesuai sistem klasifikasi Bina Marga)

### 2.5.3 Satuan Mobil Penumpang (smp)

Setiap jenis kendaraan mempunyai karakteristik pergerakan yang berbeda, karena dimensi, kecepatan, percepatan maupun kemampuan manuver masing-masing tipe kendaraan berbeda disamping juga pengaruh geometrik jalan. Oleh karena itu, untuk menyamakan satuan dari masing-masing jenis kendaraan digunakan suatu satuan yang bisa dipakai dalam perencanaan lalu lintas yang disebut Satuan Mobil Penumpang (smp). Besarnya smp yang direkombinasikan sesuai dengan hasil penelitian MKJI 1997 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Faktor Satuan Mobil Penumpang (smp)

No	Jenis Kendaraan	Kelas	SMP	
			Ruas	Simpang
1.	<b>Kendaraan Ringan</b> - Sedan/Jeep - Opelet - Mikro Bus - Pick up	LV	1,0	1,0
2.	<b>Kendaraan Berat</b> - Bus Standar - Truck Sedang - Truck Berat	HV	1,2	1,3
3.	<b>Sepeda Motor</b>	MC	0,25	0,4
4	<b>Kendaraan Tak Bermotor</b> - Becak - Sepeda - Gerobak, dan lain- lain	UM	0,8	1,0

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

#### 2.5.4 Perilaku Pengemudi dan Populasi Kendaraan

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

(MKJI 1997, Jalan Perkotaan)

## 2.6 Karakteristik Arus lalu lintas

### 2.6.1 Volume

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik atau garis pada jalur gerak dalam satuan waktu tertentu. Biasanya dihitung dalam kendaraan/hari atau kendaraan/jam. Pengukuran volume biasanya dilakukan dengan cara manual.

### 2.6.2 Kapasitas Jalan

Kapasitas merupakan nilai numerik, yang didefinisinya adalah jumlah maksimum kendaraan yang dapat lewat pada suatu arus atau lajur jalan raya dalam satu arah (dua arah untuk jalan dua arus dua lajur/arah). Selama periode waktu tertentu dalam kondisi jalan dan lalu lintas yang ada. Kapasitas ini didapat dari harga besaran kapasitas ideal yang direduksi oleh faktor-faktor lalu lintas dan jalan (MKJI 1997, Jalan Perkotaan).

Dalam kapasitas suatu jalan raya, sangat diperlukan sekali keterangan-keterangan tentang keadaan jalan yaitu :

1. Faktor Jalan yaitu keterangan mengenai bentuk fisik jalan itu.
2. Faktor Lalu lintas yaitu keterangan mengenai lalu lintas yang mengenai jalan itu.

Tanpa keterangan diatas, maka besaran kapasitas tidak akan memberikan pedoman yang jelas, karena tidak memberikan keterangan mengenai keadaan penggunaan.

Kapasitas ini adalah suatu prosedur untuk menampung arus lalu lintas yang melalui jalan tertentu. Prosedur yang dipakai disini adalah prosedur yang diberikan dalam "*Highway Capacity Manual*" yang merupakan hasil penyelidikan kapasitas yang diadakan oleh "*Highway Research Board*". Penelitian kapasitas ini dinyatakan dalam suatu angka perbandingan antara volume lalu lintas pada jalan tersebut dengan kapasitas jalan itu sendiri.

## 2.7 Kanalisasi

Daerah perkerasan yang lebih luas, untuk memungkinkan gerakan membelok dari banyak jalur, harus ditandai dengan benar supaya pengendara dapat bergerak dengan lancar dan aman melalui suatu *junction* (pertemuan), disamping tanda-tanda petunjuk arah dengan panah dan garis untuk menolong gerakan biasanya perlu juga memisah area-nya secara *physic* dengan membangun pulau-pulau pemisah, cara ini disebut dengan penyaluran (*channelisation*).

Tujuan utama dari *channelisation* adalah :

1. Pemisahan arus lalu lintas dua arah
2. Pemisahan tempat menunggu bagi pejalan kaki dari arus kendaraan dengan memberi batu loncatan menyilang arus kendaraan.
3. Mengontrol sudut dan kecepatan mendekat, untuk membantu pengendara dan memudahkan gerakan kendaraan.
4. Pemisahan waktu dan jarak gerakan-gerakan kendaraan terutama pada persimpangan.
5. Mencegah gerakan terlarang dengan melanggar penghalang pada saat masuk atau keluar dari suatu jalan

## 2.8 Analisa *Traffic Light*

*Traffic Light* berarti pengaturan lalu lintas dengan memakai sinyal dari lampu.

Sinyal-sinyal lampu ini terdiri dari tiga macam warna yaitu :

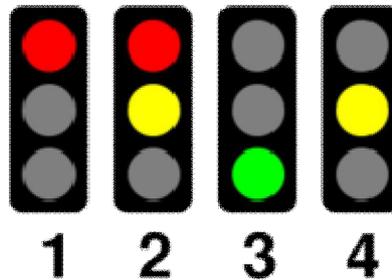
1. *Red* (merah)
2. *Amber* (kuning)
3. *Green* (hijau)

Warna-warna diatas mempunyai arti atau tugas masing-masing antara lain :

1. Warna Merah  
Artinya keadaan tidak aman, jadi semua kendaraan harus berhenti.
2. Warna Kuning  
Artinya peralihan antara merah dan hijau, yang mana pada posisi ini semua kendaraan yang sedang berjalan harus hati-hati dan juga bagi yang sedang berhenti harus bersiap-siap untuk berjalan.

### 3. Warna Hijau

Artinya keadaan aman, kendaraan boleh berjalan.



Gambar 2.6 *Traffic Light*

Isyarat lampu yang digunakan ditetapkan berdasarkan ketentuan internasional *Vienna Convention on Road Signs and Signals* tahun 1968, dimana isyarat lampu merah berarti berhenti, isyarat lampu kuning berarti bersiap untuk berhenti atau jalan, sedang isyarat lampu hijau berarti berjalan.

Urutan lampu menyala seperti ditunjukkan dalam gambar adalah:

1. Lampu merah menyala, kendaraan berhenti
2. Lampu merah dan kuning menyala, kendaraan bersiap untuk berjalan
3. Lampu hijau, kendaran berjalan
4. Lampu kuning, kendaraan berhenti kecuali terlalu dekat dengan garis henti atau kalau berhenti dapat mengakibatkan celaka kendaraan masih bisa berjalan.

#### 2.8.1 Fase (*Phase*)

Pengaturan lalu lintas pada suatu persimpangan jalan mempunyai banyak konflik, Hal ini dapat dilakukan dengan pemisahan waktu. Pengaturan pemisahan arus lalu lintas dikenal dengan nama *phase*.

Pemilihan dan penggunaan phase terlihat pada kejadian konflik, apabila pada suatu persimpangan ada dua konflik utama dapat diselesaikan dengan dua *phase*, jika ada tiga konflik utama akan diselesaikan dengan tiga *phase*, dan jika ada empat konflik maka diselesaikan dengan empat *phase*, begitu seharusnya.

Jadi berdasarkan keterangan diatas, apabila pada suatu persimpangan jalan ada dua atau lebih dari dua konflik utama maka dibutuhkan juga lebih dari

dua *phase*. Pada Persimpangan Jalan Sudirman, Kapten A.Rivai dan Jalan Veteran yang kami tuangkan didalam laporan akhir ini, *Traffic Light* yang kami rencanakan terdiri dari empat *phase*.

### 2.8.2 *Signal Aspect dan Intergreen Period*

Warna yang ditunjukkan oleh suatu lampu lalu lintas disebut *signal aspect*. Urutan dari *signal aspect* adalah merah, kuning, hijau.

Di Inggris lamanya lampu kuning adalah tiga detik. Matinya lampu hijau pada suatu *phase* dan nyalanya lampu hijau di phase berikutnya diberi nama *Intergreen Period*. Lamanya intergreen period ini berkisar antara empat detik sampai dengan delapan detik, ini tergantung dari konflik yang ada pada setiap masing-masing *phase*.

### 2.8.3 Arus Jenuh (*Saturation Flow*)

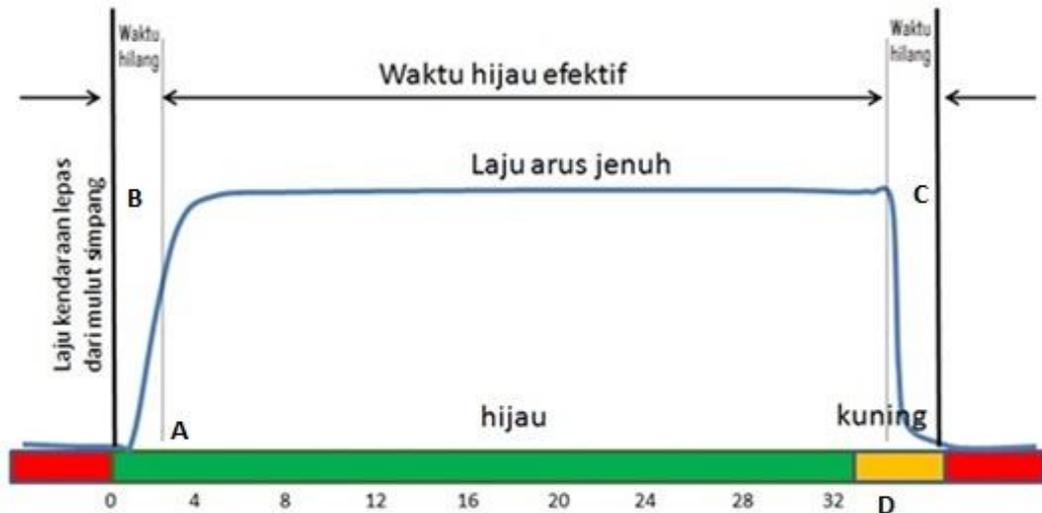
Arus keberangkatan maksimum yang dapat dihasilkan dari suatu lengan persimpangan selama selang waktu hijau tertentu (smp/waktu hijau) yang merupakan fungsi dari lebar efektif lengan persimpangan.

Tabel 2.2 Hubungan antara arus jenuh dengan lebar efektif lengan persimpangan

<b>Lebar Lengan (m)</b>	3,05	3,35	3,50	3,65	4,25	4,6	4,9	5,2	5,2-18,3
<b>Arus jenuh (smp/jam)</b>	1850	1875	1900	1950	2075	2250	2475	2700	600xW

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Pada Gambar 2.7 dibawah ini dapat dilihat bahwa pada awal sinyal hijau menyala, arus keberangkatan dari suatu lengan persimpangan tidak dapat langsung mencapai kondisi arus maksimum; akan tetapi terjadi secara perlahan dan baru mencapai kondisi arus maksimum atau arus jenuh (S) setelah selang waktu tertentu.



Gambar 2.7 Hubungan antara arus keberangkatan dari suatu lengan persimpangan sebagai fungsi dari waktu

Hal yang sama, pada saat sinyal kuning menyala, arus keberangkatan secara perlahan akan semakin berkurang dan mencapai nol pada saat sinyal merah menyala. Jika luas daerah yang berada dibawah kurva arus keberangkatan digantikan dengan daerah segiempat (ABCD) dengan luas sebesar  $AB \times AD$  dengan AB adalah besarnya arus jenuh sedangkan CD adalah Waktu Hijau Efektif (WHE). Untuk menentukan WHE dapat digunakan persamaan berikut :

$$WHE_i = \frac{Y_i}{\sum_{k=1}^N Y_k} (Co - L) \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

WHE = Waktu-hijau-efektif

Co = Waktu siklus optimum (WSO)

L = Total waktu kehilangan

Y<sub>i</sub> = Nilai Y terbesar untuk setiap fase i

N = Jumlah Fase

Y =  $\frac{q}{s}$  = nisbah arus lalu lintas dengan arus jenuh

Arus keberangkatan yang secara perlahan di awal sinyal hijau mengakibatkan adanya waktu kehilangan ( $LT_1$ ). Sedangkan, pada akhir sinyal hijau dan sinyal kuning, arus keberangkatan secara perlahan berkurang yang mengakibatkan adanya waktu kehilangan akhir ( $LT_2$ ). Sehingga, dari gambar 2.7 dapat diturunkan persamaan sebagai berikut :

$$\boxed{WHA + \text{Kuning (3 detik)} = WHE + LT_1 + LT_2} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

WHA = Waktu-hijau-aktual

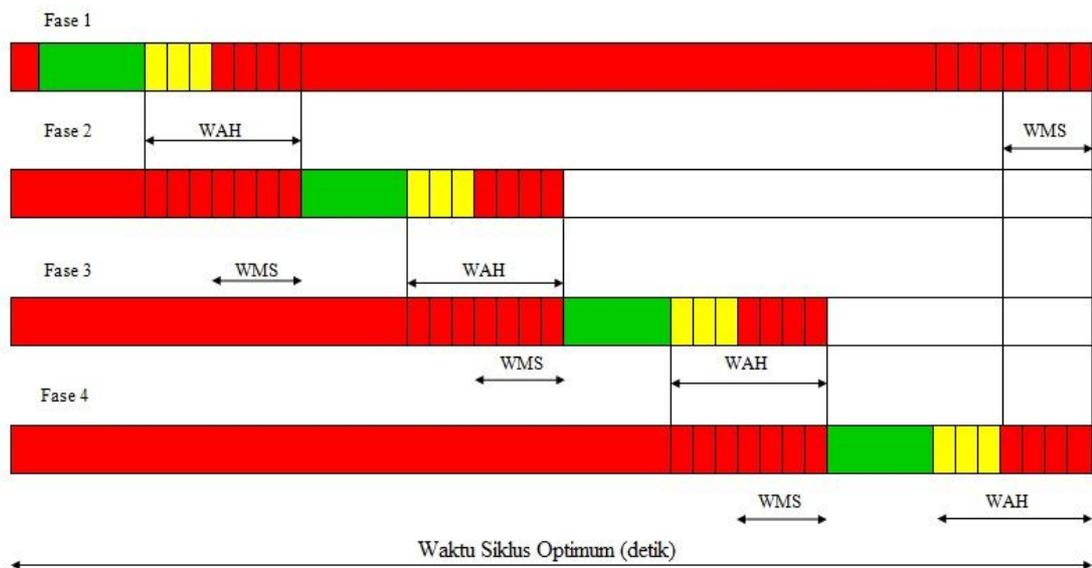
WHE = Waktu-hijau-efektif

$LT_1$  = Waktu kehilangan pada awal sinyal hijau

$LT_2$  = Waktu kehilangan pada akhir sinyal hijau

2.8.4 Selang waktu-antar-hijau/WAH (*intergreen period*)

Selang waktu antara matinya sinyal hijau pada salah satu fase dan nyalanya sinyal hijau pada fase berikutnya. Gambar 2.8 memperlihatkan diagram waktu dari persimpangan dengan 4 (empat) fase dimana terlihat besarnya selang waktu-antar-hijau (WAH).



Gambar 2.8 Diagram waktu untuk persimpangan dengan pengaturan lampu lalu lintas yang mempunyai 4 (empat) fase.

Selain, selang waktu-antar-hijau (WAH) dapat juga ditentukan berapa besarnya waktu-semua-merah/WSM (*all-red time*). Pada saat selang waktu-semua-merah (WSM) mempunyai arti bahwa pada selang waktu tersebut semua lampu lalu lintas di setiap lengan persimpangan akan mempunyai sinyal merah.

Kegunaan waktu-antar-hijau (WAH) adalah untuk menjamin agar kendaraan terakhir pada fase hijau memperoleh waktu yang cukup untuk keluar dari ruang/tempat persimpangan sebelum kendaraan pertama dari fase berikutnya memasuki ruang yang sama.

Waktu-semua-merah (WSM) dikategorikan sebagai waktu kehilangan yang terjadi pada saat selang waktu-antar-hijau (WAH). Dapat dilihat bahwa jika selang waktu-antar-hijau (WAH) selama 7 detik maka bisa ditentukan bahwa besarnya waktu-semua-merah (WSM) selama 4 detik.

#### 2.8.5 Waktu-siklus-optimum/WSO (*optimum cycle time*)

Selang waktu antara nyalanya sinyal hijau pada suatu fase dengan nyalanya sinyal hijau berikutnya pada fase yang sama. Untuk menghitung WSO dapat digunakan persamaan dibawah ini :

$$C_o = \frac{1.5 L + 5}{1 - \sum_{i=1}^N Y_i} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$C_o$  = Waktu siklus optimum (WSO)

$L$  = Total waktu kehilangan

$Y_i$  = Nilai  $Y$  terbesar untuk setiap fase  $i$

$N$  = Jumlah Fase

$Y$  =  $\frac{q}{s}$  = nisbah arus lalu lintas dengan arus jenuh

#### 2.8.6 Prosedur perhitungan pengaturan sinyal lampu lalu lintas

Dalam melakukan perhitungan pengaturan sinyal lampu lalu lintas, prosedur yang harus dilakukan sebagai berikut:

1. Menetapkan besarnya arus ( $q$ ) untuk setiap pergerakan (belok kiri, lurus dan belok kanan) dari setiap lengan persimpangan.
2. Tentukan jumlah fase berikut dengan informasi jumlah dan arah pergerakan untuk setiap fase.
3. Menghitung nilai arus jenuh ( $S$ ) untuk setiap lengan persimpangan.
4. Menghitung nilai  $Y = \frac{q}{S}$  untuk setiap pergerakan di masing-masing fase.
5. Menentukan nilai  $Y_i$  terbesar untuk setiap fase  $i$ .
6. Tentukan selang waktu-antar-hijau (WAH) dan tetapkan waktu merah-semua (WMS).
7. Hitung total waktu kehilangan ( $L$ ) dengan persamaan berikut:

$$L = N(WMS + L_1 + L_2) \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

$N$  = jumlah fase

$WMS$  = waktu merah-semua

$L_1$  = waktu kehilangan pada saat awal sinyal hijau

$L_2$  = waktu kehilangan pada saat akhir sinyal hijau

8. Menghitung waktu siklus-optimum ( $C_0$ ) menggunakan persamaan (2.3)
9. Menghitung total waktu-hijau-efektif  $WHE=(C_0 - L)$
10. Menentukan waktu-hijau-efektif untuk setiap fase  $i$  dengan menggunakan persamaan:

$$WHE_i = \frac{Y_i}{\sum_{k=1}^N Y_k} (C_0 - L) \dots\dots\dots(2.5)$$

11. Menentukan waktu-hijau-aktual untuk setiap fase  $i$  dengan menggunakan persamaan (2.2):  
 $WHA_i + \text{Kuning (3 detik)} = WHE_i + LT_1 + LT_2$
12. Gambarkan diagram waktunya.

## 2.9 Analisa Pergerakan

Pergerakan adalah aktivitas yang kita lakukan sehari-hari. Kita bergerak setiap hari untuk berbagai macam alasan dan tujuan. Kebutuhan akan pergerakan selalu menimbulkan permasalahan, khususnya pada saat orang ingin bergerak untuk tujuan yang sama didalam daerah tertentu dan pada saat yang bersamaan pula. Kemacetan, keterlambatan, polusi suara dan udara adalah beberapa permasalahan yang timbul akibat adanya pergerakan.

Salah satu usaha untuk dapat mengatasinya adalah dengan memahami pola pergerakan yang akan terjadi, misalnya dari mana dan hendak ke mana, besarnya, dan kapan terjadinya. Oleh karena itu, agar kebijakan investasi transportasi dapat berhasil dengan baik, sangatlah penting dipahami pola pergerakan yang terjadi pada saat sekarang dan juga pada masa mendatang pada saat kebijakan tersebut diberlakukan. 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.

### 2.9.1 Matriks Pergerakan atau Matriks Asal-Tujuan (MAT)

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 matriksnya menyatakan besarnya arus dari zona asal ke zona tujuan. Dalam hal ini, notasi  $T_{id}$  menyatakan besarnya arus pergerakan (kendaraan, penumpang, atau barang) yang bergerak dari zona asal  $i$  ke zona tujuan  $d$  selama selang waktu tertentu.

Pola pergerakan dapat dihasilkan jika suatu MAT dibebankan ke suatu sistem jaringan transportasi. Dengan mempelajari pola pergerakan yang terjadi, seseorang dapat mengidentifikasi permasalahan yang timbul sehingga beberapa solusi segera dapat dihasilkan. MAT dapat memberikan indikasi rinci mengenai

kebutuhan akan pergerakan sehingga MAT memegang peran yang sangat penting dalam berbagai kajian perencanaan dan manajemen transportasi.

Jumlah zona dan nilai setiap sel matriks adalah dua unsur penting dalam MAT karena jumlah zona menunjukkan banyaknya sel MAT yang harus didapatkan dan berisi informasi yang sangat dibutuhkan untuk perencanaan transportasi. Setiap sel membutuhkan informasi jarak, waktu, biaya, atau kombinasi ketiga informasi tersebut yang digunakan sebagai ukuran aksesibilitas (kemudahan).

Ketelitian MAT meningkat dengan menambah jumlah zona, tetapi MAT cenderung berisi sel yang tidak mempunyai pergerakan ( $T_{id}=0$ ). Permasalahan yang sama timbul jika kita berbicara mengenai pergerakan antarzona dengan selang waktu pendek (misalnya 15 menit).

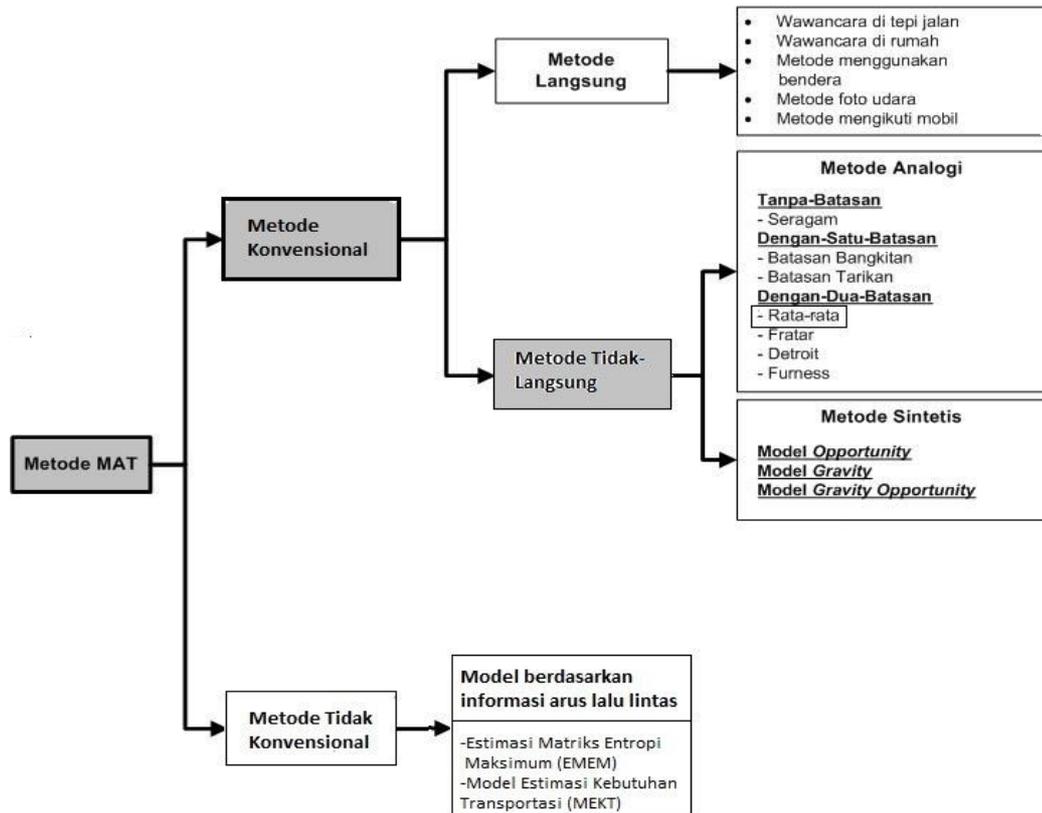
MAT dapat pula menggambarkan pola pergerakan dari suatu sistem atau daerah kajian dengan ukuran yang sangat beragam, seperti pola pergerakan kendaraan di suatu persimpangan atau pola pergerakan di dalam suatu perkotaan maupun dalam suatu negara.

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. Contohnya, MAT dapat digunakan untuk (Willumsen, 1978ab) :

1. Pemodelan kebutuhan akan transportasi untuk daerah pedalaman antarkota;
2. Pemodelan kebutuhan akan transportasi untuk daerah perkotaan;
3. Pemodelan dan perancangan manajemen lalu lintas baik di daerah perkotaan maupun antarkota;
4. Pemodelan kebutuhan akan transportasi di daerah yang ketersediaan datanya tidak begitu mendukung baik dari sisi kuantitas maupun kualitas (misalnya di negara sedang berkembang);
5. Perbaikan data MAT pada masa lalu dan pemeriksaan MAT yang dihasilkan oleh metode lainnya; dan

6. Pemodelan kebutuhan akan transportasi antarkota untuk angkutan barang multimoda.

Metode untuk mendapatkan MAT dapat dikelompokkan menjadi dua bagian utama, yaitu metode Konvensional dan Tidak-Konvensional (Tamin, 1985,1986,1988abcd).



Gambar 2.9 Metode untuk mendapatkan Matriks Asal-Tujuan (MAT)

Bentuk umum dari matriks asal tujuan (MAT) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Bentuk umum dari Matriks Asal-Tujuan (MAT)

Zona	1	2	3	...	N	O <sub>i</sub>
1	T <sub>11</sub>	T <sub>12</sub>	T <sub>13</sub>	...	T <sub>1N</sub>	O <sub>1</sub>
2	T <sub>21</sub>	T <sub>22</sub>	T <sub>23</sub>	...	T <sub>2N</sub>	O <sub>2</sub>
3	T <sub>31</sub>	T <sub>32</sub>	T <sub>33</sub>	...	T <sub>3N</sub>	O <sub>3</sub>
...	...	...	...	...	...	...
N	T <sub>N1</sub>	T <sub>N2</sub>	T <sub>N3</sub>	...	T <sub>NN</sub>	O <sub>N</sub>
D <sub>d</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	...	D <sub>N</sub>	T

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

$$\boxed{O_i = \sum_{d=1}^N T_{id}} \quad \text{dan} \quad \boxed{D_d = \sum_{i=1}^N T_{id}} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\boxed{T = \sum_{i=1}^N O_i = \sum_{d=1}^N D_d = \sum_{i=1}^N \sum_{d=1}^N T_{id}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

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

### 2.9.2 Metode rata-rata

Metode rata-rata adalah usaha pertama untuk mengatasi adanya tingkat pertumbuhan daerah yang berbeda-beda. Metode ini menggunakan tingkat pertumbuhan 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:

$$\boxed{T_{id} = t_{id} \cdot \left( \frac{E_i + E_d}{2} \right)} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\boxed{E_i = \frac{O_i}{o_i}} \quad \text{dan} \quad \boxed{E_d = \frac{D_d}{d_d}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

$E_i, E_d$  = 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 zona tujuan  $\underline{d}$

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

$$o_i = O_i \text{ dan } d_d = D_d$$

$o_i, d_d$  = total pergerakan masa sekarang dengan zona asal  $\underline{i}$  dan zona tujuan  $\underline{d}$

$O_i, D_d$  = total pergerakan masa mendatang (dari analisis bangkitan lalu lintas) dengan zona asal  $\underline{i}$  dan zona tujuan  $\underline{d}$

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:

$$\boxed{E_i^0 = \frac{O_i}{o_i}} \quad \text{dan} \quad \boxed{E_d^0 = \frac{D_d}{d_d}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Untuk pengulangan ke-1 digunakan persamaan (2.10) sehingga dihasilkan MAT baru yang menggunakan rumus berikut:

$$\boxed{T_{id}^1 = t_{id}^0 \cdot \left( \frac{E_i^0 + E_d^0}{2} \right)} \dots\dots\dots(2.11)$$

Setelah menghitung seluruh nilai  $T_{id}$ , maka dapat dihitung kembali nilai  $o_i$  dan  $d_d$  sampai didapat nilai  $E_i$  dan  $E_d$  untuk pengulangan ke-1.

Proses pengulangan terus dilakukan sampai seluruh nilai  $o_i = O_i$  atau ( $E_i = 1$ ) dan  $d_d = D_d$  atau ( $E_d = 1$ ).