

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 TINJAUAN UMUM**

Landasan teori merupakan berbagai teori yang telah dikumpulkan pada studi pustaka dan telah diuraikan serta mengacu pada masalah penelitian dan dapat menghasilkan beberapa konsep. Landasan teori dapat digambarkan dalam bentuk bagan atau persamaan matematis yang diberi penjelasan agar mudah dipahami.

#### **3.2 MANAJEMEN LALU LINTAS**

Manajemen lalu lintas adalah suatu proses pengaturan pasokan (*supply*) dan kebutuhan (*demand*) sistem jalan raya yang ada untuk memenuhi suatu tujuan tertentu tanpa penambahan prasarana baru, melalui pengurangan dan peraturan pergerakan lalu lintas (Massachusetts Highway Department, 2014).

Menurut Alamsyah (2008), manajemen lalu lintas adalah suatu proses pengaturan dan penggunaan sistem jalan yang sudah ada dengan tujuan untuk memenuhi suatu kepentingan tertentu, tanpa perlu penambahan atau pembuatan infrastruktur baru. Manajemen lalu lintas diterapkan untuk memecahkan masalah lalu lintas jangka pendek (sebelum pembuatan infrastruktur yang dilaksanakan), atau diterapkan untuk mengantisipasi masalah lalu lintas yang berkaitan. Tujuan pokok manajemen lalu lintas adalah memaksimalkan pemakaian sistem jalan yang ada dan meningkatkan keamanan jalan, tanpa merusak kualitas lingkungan.

Strategi manajemen lalu lintas menurut Munawar (2006), dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Sistem pengontrolan lalu lintas

Sistem pengontrolan lalu lintas merupakan pengaturan lalu lintas yang berupa perintah atau larangan. Perintah atau larangan tersebut dapat berupa lampu lalu lintas, rambu-rambu lalu lintas, atau marka jalan. Sistem pengontrolan lalu lintas meliputi :

- a. Pada persimpangan jalan :
    - 1) Optimalisasi lampu lalu lintas
    - 2) Prioritas kepada bus kota pada persimpangan bersinyal
    - 3) Koordinasi lampu lalu lintas
  - b. Pada jalan masuk atau keluar dari persimpangan :
    - 1) Jalan satu arah
    - 2) Ke kiri terus jalan pada lampu merah
    - 3) Larangan belok kanan
    - 4) Jalan hanya khusus untuk penduduk di daerah tersebut.
  - c. Penggunaan jalur :
    - 1) Larangan untuk mobil yang kurang dari tiga penumpang
    - 2) Jalur yang dapat dibalik arah
    - 3) Jalur khusus untuk angkutan umum
  - d. Penggunaan tepi jalan :
    - 1) Larangan parkir
    - 2) Penempatan halte bus
    - 3) Penentuan daerah bongkar muat
    - 4) Pelebaran atau penyempitan jalan kaki lima
  - e. Kecepatan kendaraan :
    - 1) Pemasangan polisi tidur
    - 2) Pemasangan *road stud*
  - f. Parkir :
    - 1) Parkir khusus untuk angkutan umum
    - 2) Pembatasan waktu parkir
    - 3) Pengontrolan tempat parkir
2. Informasi kepada pemakai jalan
  3. *Road pricing* (sistem jalan berbayar)
  4. Modifikasi operasi angkutan umum
  5. Modifikasi pemakai jalan.

### 3.3 PERSIMPANGAN

Persimpangan adalah simpul pada jaringan jalan di mana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan. Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan bergerak secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya. Berbagai persimpangan merupakan faktor-faktor yang paling penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan, khususnya di daerah-daerah perkotaan (Departemen Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1996).

Menurut PP No. 43 Tahun 1993, persimpangan adalah pertemuan atau percabangan jalan, baik sebidang maupun tidak sebidang. Dengan kata lain persimpangan dapat diartikan sebagai dua jalur atau lebih ruas jalan yang berpotongan, dan termasuk didalamnya fasilitas jalur jalan dan tepi jalan. Sedangkan setiap jalan yang memencar dan merupakan bagian dari persimpangan tersebut dikatakan dengan lengan persimpangan.

Menurut Morlok (1991) persimpangan adalah suatu bentuk pertemuan jalan, dimana setiap mulut simpang (akhir jalan / pertemuan dengan jalan lain) memiliki pergerakan lalu lintas, karakteristik, geometrik jalan dan konflik-konflik tertentu yang terjadi pada suatu persimpangan tersebut. Identifikasi masalah menunjukkan lokasi kemacetan terletak pada persimpangan atau titik tertentu yang terletak disepanjang ruas jalan. Permasalahan konflik pergerakan-pergerakan kendaraan yang berbelok (belok kanan dan bertemu dengan lurus) dan pengendaliannya banyak berpengaruh terhadap kinerja persimpangan yang selanjutnya menyebabkan tingkat pelayanannya menjadi berkurang. Konflik kendaraan dengan kendaraan ataupun pejalan kaki juga akan menimbulkan tundaan, kecelakaan dan bahkan kemacetan yang mana hal tersebut akan berdampak sangat merugikan pengemudi atau pemakai jalan.

Persimpangan merupakan tempat yang potensial terjadi kecelakaan, karena di dalamnya mengandung konflik-konflik antara kendaraan dan kendaraan atau kendaraan dengan pejalan kaki akibat penggunaan ruang bersama di dalam simpang. Karena itu perlu adanya pengendalian. Masalah yang saling terkait pada persimpangan adalah :

1. Volume dan kapasitas yang secara langsung mempengaruhi hambatan

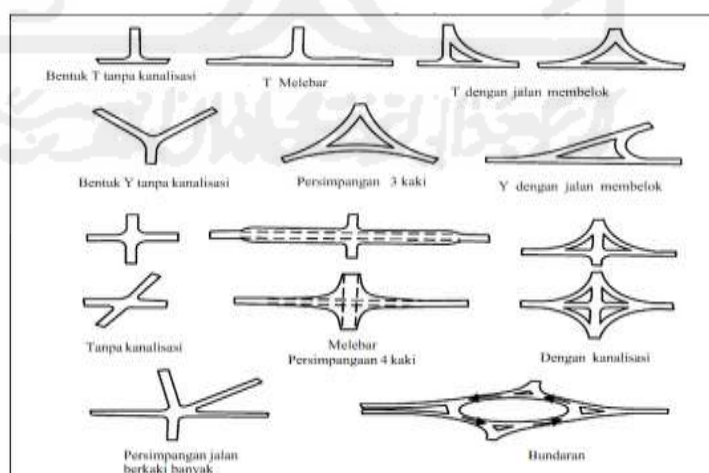
2. Desain geometrik dan kebebasan samping
3. Kecelakaan dan keselamatan jalan, kecepatan, lampu jalan.
4. Parkir, akses dan pembangunan yang sifatnya umum.
5. Pejalan kaki
6. Jarak antar persimpangan

### 3.3.1 Jenis-Jenis Persimpangan

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997) pemilihan jenis simpang untuk suatu daerah sebaiknya berdasarkan pertimbangan ekonomi, pertimbangan keselamatan lalu lintas, dan pertimbangan lingkungan.

Menurut Morlok (1991), dilihat dari bentuknya ada 2 macam jenis persimpangan, yaitu :

1. Pertemuan atau persimpangan jalan sebidang, merupakan pertemuan dua ruas jalan atau lebih secara sebidang (tidak saling bersusun). Pertemuan jalan sebidang ada 4 macam, yaitu :
  - a. Pertemuan atau persimpangan bercabang 3.
  - b. Pertemuan atau persimpangan bercabang 4.
  - c. Pertemuan atau persimpangan bercabang banyak.
  - d. Bundaran (*rotary intersection*).



**Gambar 3.1** Persimpangan Jalan Sebidang  
(Sumber : Morlok, E.K, 1991)

2. Pertemuan atau persimpangan jalan tidak sebidang, merupakan persimpangan dimana dua ruas jalan atau lebih saling bertemu tidak dalam satu bidang tetapi salah satu ruas berada di atas atau di bawah ruas jalan yang lain.

Menurut Morlok (1988), jenis simpang berdasarkan cara pengaturannya dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis, yaitu :

1. Simpang jalan tanpa sinyal, yaitu simpang yang tidak memakai sinyal lalu lintas. Pada simpang ini pemakai jalan harus memutuskan apakah mereka cukup aman untuk melewati simpang atau harus berhenti dahulu sebelum melewati simpang tersebut.
2. Simpang jalan dengan sinyal, yaitu pemakai jalan dapat melewati simpang sesuai dengan pengoperasian sinyal lalu lintas. Jadi pemakai jalan hanya boleh lewat pada saat sinyal lalu lintas menunjukkan warna hijau pada lengan simpangnya.

### 3.3.2 Kinerja persimpangan

Menurut Departemen Pendidikan dan Kebudayaan dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (1995), kinerja adalah suatu yang dicapai atau pergerakan sistem.

Menurut Abubakar, dkk., (1995), meningkatkan kinerja pada semua jenis persimpangan dari segi keselamatan dan efisiensi adalah dengan melakukan pelaksanaan dalam pengendalian persimpangan.

Menurut Mc Shane dan Roess (1990) menyatakan bahwa untuk mengevaluasi kinerja suatu persimpangan, secara umum dapat dilihat dari beberapa parameter sebagai berikut :

1. Tundaan (*delay*)
2. Jumlah berhenti (*number of stop*)
3. Panjang antrian (*queue length*).

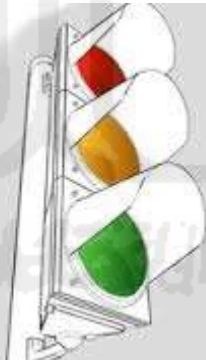
Setiap parameter tersebut menggambarkan total waktu pada saat memasuki suatu pendekat pada suatu persimpangan. Ukuran lain yang juga sering digunakan untuk menentukan karakteristik suatu persimpangan adalah total waktu perjalanan (*total travel time*)

Unsur terpenting didalam pengevaluasian kinerja simpang adalah lampu lalulintas, kapasitas dan tingkat pelayanan, sehingga untuk menjaga agar kinerja simpang dapat berjalan dengan baik, kapasitas dan tingkat pelayanan perlu dipertimbangkan dalam mengevaluasi operasi simpang dengan lampu lalu lintas. Ukuran dari kinerja simpang dapat ditentukan berdasarkan panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti dan tundaan.

### 3.3.3 Persimpangan Dengan Sinyal Lalu Lintas

Sinyal lalu lintas adalah suatu peralatan yang dioperasikan secara manual, atau elektrik untuk mengatur kendaraan-kendaraan agar berhenti atau berjalan.

Biasanya alat ini terdiri dari tiga warna yaitu merah, kuning, hijau. Penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna 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-jalan yang saling berpotongan atau pada konflik-konflik utama. Sinyal-sinyal dapat juga digunakan untuk memisahkan gerakan membelok dari lalu lintas lurus melawan, atau untuk memisahkan gerakan lalu lintas membelok dari pejalan kaki yang menyeberang atau pada konflik-konflik kedua.



**Gambar 3.2**Lampu lalu lintas

(Sumber : *Google*, 2015)

Perubahan dari simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal dapat disebabkan karena pertimbangan keselamatan lalu lintas untuk mengurangi kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan yang berlawanan arah. Hal ini mungkin terjadi jika kecepatan pendekat menuju simpang tinggi, dan/atau jarak pandang untuk gerakan lalu lintas yang berpotongan tidak cukup akibat

rumah, tanaman atau halangan lainnya dekat sudut persimpangan. Simpang bersinyal mungkin juga diperlukan untuk memudahkan melintasi jalan utama bagi lalu lintas jalan minor dan/atau pejalan kaki. Maka perencanaan harus disarankan untuk menghindari nilai derajat kejenuhan  $\geq 0,85$  selama jam puncak.

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), pada umumnya penggunaan sinyal lalu lintas pada persimpangan dipergunakan untuk satu atau lebih alasan berikut ini :

1. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak.
2. Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk memotong jalan utama.
3. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang bertentangan.

Menurut Indriany (2013) kriteria bahwa suatu simpang sudah harus diberi alat pemberi isyarat lalu lintas adalah :

1. Arus minimal lalu lintas yang menggunakan simpang rata-rata adalah  $> 750$  kend/jam selama 8 jam dalam sehari.
2. Atau bila waktu menunggu atau hambatan rata-rata kendaraan di persimpangan telah melampaui 30 detik.
3. Atau persimpangan digunakan oleh rata-rata  $>$  dari 175 pejalan kaki/jam selama 8 jam sehari.
4. Atau sering terjadi kecelakaan pada persimpangan tersebut.
5. Atau merupakan kombinasi sebab-sebab yang disebutkan di atas.
6. Atau karena pada daerah yang bersangkutan dipasang suatu sistem pengendalian lalu lintas terpadu (ATCS) sehingga simpang-simpang yang masuk areanya harus dikendalikan dengan APILL.

Penerapan sinyal lalu lintas dari simpang diharapkan dapat memberikan efek-efek :

1. Peningkatan keselamatan lalu lintas
2. Pemberian fasilitas kepada penyebrang pejalan kaki
3. Peningkatan kapasitas dari simpang antara dua jalan yang sibuk

4. Pengaturan distribusi dari kapasitas berbagai arah lalu lintas atau kategori arus lalu lintas

### 3.3.4 Pengendalian simpang

Menurut Abubakar, dkk. (1995), sasaran yang harus dicapai pada pengendalian persimpangan antara lain adalah :

1. Mengurangi atau menghindari kemungkinan terjadinya kecelakaan yang disebabkan oleh adanya titik-titik konflik seperti : berpencar (*diverging*), bergabung (*merging*), berpotongan (*crossing*), dan bersilangan (*weaving*).
2. Menjaga agar kapasitas persimpangan operasinya dapat optimal sesuai dengan rencana.
3. Harus memberikan petunjuk yang jelas dan pasti serta sederhana, dalam mengarahkan arus lalu lintas yang menggunakan persimpangan.

Upaya meminimalkan konflik dan melancarkan arus lalu lintas ada beberapa metode pengendalian persimpangan yang dapat dilakukan, yaitu :

1. Persimpangan prioritas

Metode pengendalian persimpangan ini adalah memberikan prioritas yang lebih tinggi kepada kendaraan yang datang dari jalan utama dari semua kendaraan yang bergerak dari jalan kecil (jalan minor).

2. Persimpangan dengan lampu pengatur lalu lintas

Metode ini mengendalikan persimpangan dengan suatu alat yang sederhana (manual, mekanis dan listrik) dengan memberikan prioritas bagi masing-masing pergerakan lalu lintas secara berurutan untuk memerintahkan pengemudi berhenti atau berjalan.

3. Persimpangan dengan bundaran lalu lintas

Metode ini mengendalikan persimpangan dengan cara membatasi alih gerak kendaraan menjadi pergerakan berpencar (*diverging*), bergabung (*merging*), berpotongan (*crossing*), dan bersilangan (*weaving*) sehingga dapat memperlambat kecepatan kendaraan.



#### 4. Persimpangan tidak sebidang

Metode ini mengendalikan konflik dan hambatan di persimpangan dengan cara menaikkan lajur lalu lintas atau di jalan di atas jalan yang lain melalui penggunaan jembatan atau terowongan.

Perlengkapan pengendalian simpangsalah satunya yang dapat dilakukan untuk semua jenis persimpangan dalam meningkatkan kerja (keselamatan dan efisien) meliputi :

##### 1. Kanalisasi dan pulau-pulau

Unsur desain persimpangan yang paling penting adalah mengkanalisasi (mengarahkan) kendaraan-kendaraan ke dalam lintasan-lintasan yang bertujuan untuk mengendalikan dan mengurangi titik-titik dan daerah konflik. Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan marka-marka jalan, paku-paku jalan (*road stud*), median-median dan pulau-pulau lalu lintas yang timbul.

##### 2. Pelebaran jalur-jalur masuk

Pelebaran jalan yang dilakukan pada jalan yang masuk ke persimpangan, akan memberi kemungkinan bagi kendaraan untuk mengambil ruang antar (*gap*) pada arus lalu lintas di suatu bundaran lalu lintas, atau waktu prioritas pada persimpangan berlampu pengatur lalu lintas.

##### 3. Lajur-lajur percepatan dan perlambatan

Pada persimpangan-persimpangan antar jalan minor dengan jalan-jalan kecepatan tinggi, maka merupakan suatu hal yang penting untuk menghindarkan adanya kecepatan relatif yang tinggi dari kendaraan-kendaraan. Cara yang termudah adalah dengan menyediakan lajur-lajur tersendiri untuk keperluan mempercepat dan memperlambat kendaraan.

##### 4. Lajur-lajur belok kanan

Marka lalu lintas yang membelok ke kanan dapat menyebabkan timbulnya kecelakaan atau hambatan bagi lalu lintas yang bergerak lurus ketika kendaraan tersebut menunggu adanya ruang yang kosong dari lalu lintas yang bergerak dari depan. Hal ini membutuhkan ruang tambah yang kecil untuk memisahkan kendaraan yang belok kanan dari lalu lintas yang bergerak lurus ke dalam suatu lajur yang khusus.

#### 5. Pengendalian terhadap pejalan kaki

Para pejalan kaki akan berjalan dalam suatu garis lurus yang mengarah kepadatujuannya, kecuali apabila diminta untuk tidak melakukannya. Fasilitas penyeberangan bagi pejalan kaki harus diletakkan pada tempat-tempat yang dibutuhkan, sehubungan dengan daerah kemana mereka akan pergi. Digunakan pagar dari besi untuk mengkanalisasi (mengarahkan) para pejalan kaki dan penyeberangan bawah tanah (*subway*) serta jembatan-jembatan penyeberangan untuk memisahkan para pejalan kaki dari arus lalu lintas yang padat, dengan mengarahkan dan memberikan fasilitas khusus. Penyediaan fase khusus pada persimpangan berlampu lalu lintas mungkin diperlukan jika :

- a. Arus pejalan kaki yang menyeberangi setiap kaki persimpangan > 500 smp/jam.
- b. Lalu lintas yang membelok ke setiap kaki persimpangan mempunyai waktu antara rata-rata kurang dari 5 detik, tepat pada saat arus lalu lintas tersebut bergerak dan terjadi konflik dengan arus pejalan kaki yang besarnya lebih dari 150 orang/jam.

Menurut Wells (1993), walaupun lampu lalu lintas adalah alat yang sangat baik dalam pengendalian lalu lintas pada persimpangan-persimpangan yang ada dengan memprioritaskan membuat pulau-pulau penyalur pada persimpangan-persimpangan dapat mengurangi titik-titik konflik. Bentuk sederhana dalam penyaluran lalu lintas adalah dengan menggunakan cat putih pada jalan. Pulau-pulau lalu lintas hanyalah perkembangan garis-garis cat tadi dan fungsi utamanya, sebagaimana halnya tanda-tanda garis, adalah :

1. Memisahkan arus lalu lintas secara terarah (dan kadang-kadang juga kecepatannya).
2. Mengarahkan pengemudi ke jalur yang benar sesedikit mungkin pengemudi menentukan keputusan pilihan.
3. Menghindarkan pengemudi melakukan gerakan-gerakan terlarang.
4. Melindungi (memberikan keamanan) pengemudi yang bermaksud belok kekanan.
5. Menyediakan ruang lindung bagi para pejalan

Satu keuntungan lain adalah bahwa pulau lalu lintas seringkali merupakan tempat yang ideal untuk menempatkan peraturan lalu lintas dan rambu-rambupengarah dan lain sebagainya.

### **3.4 OPTIMALISASI**

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), bahwa optimalisasi berasal dari kata optimal artinya terbaik atau tertinggi. Kata optimal dipakai tanpa harus mencapai batas akhir, melainkan batas akhir yang tertinggi atau terbaik. Sedangkan optimalisasi adalah proses mengoptimalkan sesuatu atau proses menjadikan sesuatu menjadi paling baik atau paling tinggi. Dalam penelitian ini, parameter optimalisasi yang digunakan adalah derajat kejenuhan, tundaan dan tingkat pelayanan.

#### **3.4.1 Optimalisasi Simpang Bersinyal**

Optimalisasi simpang sangat diperlukan untuk mengantisipasi terjadinya kemacetan, kecelakaan lalu lintas, pencemaran udara, dan transportasi biaya tinggi, terutama pada beberapa simpang yang saling berdekatan. Dalam mengoptimalkan suatu simpang bersinyal diperlukan pengaturan lalu lintas yang melalui simpang tersebut. Tujuan utama pengaturan lalu lintas umumnya adalah untuk memberikan petunjuk-petunjuk yang terarah dan tidak menimbulkan keraguan. Pengaturan lalu lintas di simpang dapat dicapai dengan menggunakan lampu lalu lintas, marka dan rambu yang mengatur, mengarahkan dan memperhatikan lalu lintas.

Selanjutnya dari pemilihan pengaturan simpang dapat ditentukan dengan tujuan yang ingin dicapai sebagai berikut.

1. Mengurangi maupun menghindari kemungkinan terjadinya kecelakaan yang berasal dari berbagai kondisi titik konflik.
2. Menjaga kapasitas dari simpang dalam operasinya sehingga dapat dicapai pemanfaatan simpang yang sesuai dengan rencana.
3. Dalam operasinya, pengaturan simpang harus memberikan petunjuk yang jelas dan pasti serta sederhana, mengarahkan arus lalu lintas pada tempatnya yang sesuai.

Pengaturan simpang dengan sinyal lalu lintas termasuk yang paling efektif terutama untuk volume lalu lintas pada kaki-kaki simpang yang relatif tinggi. Pengaturan ini dapat mengurangi atau menghilangkan titik konflik pada simpang dengan memisahkan pergerakan arus lalu lintas pada waktu yang berbeda-beda. Hobbs (1979) menjelaskan bahwa tabulasi kapasitas pertemuan jalan (*junction*) pada semua kondisi tidak mungkin untuk dilaksanakan dan seringkali kapasitas pada bagian lintasan yang menyeluruh lebih dibutuhkan dibandingkan dengan kapasitas pada daerah tertutup. Akan tetapi pertemuan jalan sebagian besar akan menentukan batas-batas kapasitas dan keamanan dari seluruh lintasan. Kesulitannya adalah untuk memutuskan jumlah unit, baik pejalan kaki ataupun kendaraan, yang akan mempergunakan fasilitas, dan dengan tingkat keamanan dan kenyamanan. Dari sudut pandang sosial, pada tingkat tertentu, kita harus siap untuk dapat menerima kelambatan lalu lintas yang lebih besar demi menambah tingkat keamanannya. Namun pada sebagian besar perhitungan yang memperbaiki aliran lalu lintas akan dapat mengurangi potensial kecelakaan.

Faktor-faktor yang dapat dipakai untuk mempengaruhi kapasitas suatu simpang meliputi :

1. Jumlah lajur yang cukup yang disediakan untuk mencegah agar volume yang tinggi tidak akan mengurangi kecepatan sampai dibawah optimum pada kondisi rencana, dan aliran yang besar harus dipisahkan arahnya.
2. Kapasitas yang tinggi yang membutuhkan keseragaman kecepatan kendaraan dan perbedaan kecepatan relatif kecil pada tempat masuk dan keluar.
3. Gerakan belokan yang banyak membutuhkan keistimewaan-keistimewaan seperti jalur tambahan yang terpisah.
4. Radius yang cukup untuk berbagai tipe kendaraan yang ada untuk menghindari pelanggaran batas terhadap jalur disampingnya dan tepi lapis perkerasan harus bebas dari rintangan.
5. Kelandaian yang sesuai untuk berbagai tipe dan jumlah kendaraan yang ada atau ketentuan khusus harus dibuat untuk tingkat-tingkat tertentu.

### 3.5 KONDISI DAN KARAKTERISTIK GEOMETRI

Kondisi geometrik persimpangan digambarkan dalam bentuk sketsa yang memberikan informasi denah, jumlah lajur, posisi pendekat, lebar jalan, lebar median dan petunjuk arah.

Menurut Abubakar, dkk., (1995), geometrik persimpangan harus dirancang sehingga mengarahkan pergerakan (*manuver*) lalu lintas ke dalam lintasan yang paling aman dan paling efisien, dan dapat memberikan waktu yang cukup bagi para pengemudi untuk membuat keputusan-keputusan yang diperlukan dalam mengendalikan kendaraannya. Rancangan geometrik persimpangan harus dapat :

1. Memberikan lintasan yang termudah bagi pergerakan-pergerakan lalu lintas yang terbesar.
2. Didesain sedemikian rupa sehingga kendaraan dapat mengikuti lintasan-lintasannya secara alamiah. Radius-radius yang kecil dan lengkung kurva-kurva yang berbalik harus dihindarkan,
3. Menjamin bahwa pengemudi dapat melihat secara mudah dan cepat terhadap lintasan yang harus diikutinya dan dapat mengantisipasi secara dini kemungkinan gerakan yang berpotongan (*crossing*), bergabung (*merging*), dan berpencar (*diverging*), kaki persimpangan yang jalannya menanjak khusus harus dihindari.

Menurut Hariyanto (2004), elemen-elemen geometrik suatu persimpangan secara umum memberikan pengaruh terhadap operasional lalu lintas. Elemen-elemen tersebut diantaranya adalah alinyemen, lebar dan jumlah lajur serta elemen-elemen lainnya yang berpengaruh terhadap perencanaan atau persimpangan.

Menurut Sukirman (1984), karakteristik geometrik jalan merupakan gambaran suatu simpang dengan informasi mengenai *kerb*, jalur, lebar bahu dan median. Penjelasan tentang karakteristik geometrik adalah sebagai berikut :

1. Jalur dan lajur lalu lintas

Jalur lalu lintas (*traveled way*) adalah keseluruhan bagian perkerasan jalanyang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan. Jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur (*lane*) kendaraan yaitu bagian dari lajur lalu lintas yang khususdiperuntukkan untuk dilalui oleh suatu rangkaian kendaraan beroda

empat atau lebih dalam suatu arah. Lebar lalu lintas merupakan bagian yang paling menentukan lebar melintang jalan secara keseluruhan.

## 2. Bahu jalan

Bahu jalan adalah jalur yang terletak berdampingan dengan lalu lintas yang berfungsi sebagai :

- a. Ruang tempat berhenti sementara kendaraan.
- b. Ruang untuk menghindarkan diri dari saat-saat darurat untuk mencegah kecelakaan.
- c. Ruang pembantu pada saat mengadakan perbaikan atau pemeliharaan jalan.
- d. Memberikan sokongan pada konstruksi perkerasan jalan dari arah samping.

## 3. Trotoar dan *kerb*

Trotoar (*side walk*) adalah jalur yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas yang khusus dipergunakan untuk pejalan kaki atau pedestrian.

Kereb (*kerb*) adalah peninggian tepi perkerasan dan bahu jalan yang terutama dimaksudkan untuk keperluan drainasi dan mencegah keluarnya kendaraan dari tepi perkerasan.

## 4. Median jalan

Fungsi dari median jalan adalah sebagai berikut :

- a. Menyediakan garis netral yang cukup lebar bagi pengemudi dalam mengontrol kendaraan pada saat-saat darurat.
- b. Menyediakan jarak yang cukup untuk mengurangi kesilauan terhadap lampu besar dari kendaraan yang berlawanan arah.
- c. Menambah rasa kelegaan, kenyamanan dan keindahan bagi setiap pengemudi.
- d. Mengamankan kebebasan samping dari masing-masing arah lalu lintas.

### 3.6 KONDISI LINGKUNGAN

#### 1. Kelas Ukuran Kota

Dimasukkan perkiraan jumlah penduduk dari seluruh daerah perkotaan yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 3.1** Kelas Ukuran Kota

<b>Ukuran Kota</b>	<b>Jumlah Penduduk (juta)</b>
Sangat kecil	< 0,1
Kecil	0,1 – 0,5
Sedang	0,5 – 1
Besar	1 – 3
Sangat besar	> 3

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

## 2. Tipe Lingkungan Jalan (*road environment*)

Kelas tipe lingkungan menggambarkan tata guna lahan dan aksesibilitas dari seluruh aktivitas jalan. Hal ini ditetapkan secara kualitatif dari pertimbangan teknik lalu-lintas dengan bantuan Tabel 3.2 di bawah ini.

**Tabel 3.2** Tipe Lingkungan Jalan

Komersial ( <i>commercial</i> )	Tata guna lahan komersial (misalnya pertokoan, rumah makan, perkantoran) dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
Pemukiman ( <i>residential</i> )	Tata guna lahan tempat tinggal dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan
Akses Terbatas ( <i>restricted access</i> )	Tanpa jalan masuk atau jalan masuk langsung terbatas (misalnya karena adanya penghalang fisik, jalan samping dsb)

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

## 3. Kelas Hambatan Samping

Hambatan samping menunjukkan pengaruh aktivitas samping jalan di daerah simpang pada arus berangkat lalu-lintas, misalnya pejalan kaki berjalan atau menyeberangi jalur, angkutan kota dan bis berhenti untuk menaikkan dan menurunkan penumpang, kendaraan masuk dan keluar halaman dan tempat parkir di luar jalur. Hambatan samping ditentukan secara kualitatif dengan pertimbangan teknik lalu-lintas sebagai tinggi, sedang atau rendah.

### 3.7 KONDISI ARUS LALU LINTAS

Menurut Putranto (2008) arus adalah jumlah kendaraan dalam satuan mobil penumpang (smp) yang melalui suatu potongan melintang jalan dalam satuan waktu tertentu. Arus lalu lintas terjadi karena adanya kebutuhan transportasi masyarakat. Selain itu arus lalu lintas juga timbul karena adanya interaksi antara pengemudi, kendaraan (*vehicle*) dan prasarana transportasi (jalan) serta lingkungan. Untuk perhitungan arus lalu lintas digunakan satuan smp/jam yang dibagi dalam dua tipe yaitu arus terlindung (*protected traffic flow*) dan arus berlawanan arah (*opposed traffic flow*), yang mana tergantung fase sinyal dan gerakan belok kanan. Nilai ekivalensi ini diterangkan dalam tabel di bawah ini.

**Tabel 3.3** Nilai Ekivalensi Mobil Penumpang

Jenis kendaraan	Emp untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda Motor (MC)	0,2	0,4

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

Sedangkan untuk tipe pendekat kategori terlindung dan terlawan dapat dilihat dari pola-pola gambar berikut ini :

**Tabel 3.4** Penentuan Tipe Pendekat

Tipe pendekat	Keterangan	Contoh pola-pola pendekatan		
Terlindung P	Arus berangkat tanpa konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan satu arah	Jalan satu arah	Simpang T
		Jalan dua arah, gerakan belok kanan terbatas		
		Jalan dua arah, fase sinyal terpisah untuk masing-masing arah		
Terlawan O	Arus berangkat dengan konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan dua arah, arus berangkat dari arah-arah berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak terbatas.		

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)



Untuk masing-masing pendekatan rasio kendaraan belok kiri ( $P_{LT}$ ), dan rasio belok kanan ( $P_{RT}$ ) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$P_{LT} = \frac{LT \text{ (smp/jam)}}{\text{Total (smp/jam)}} \quad (3.1)$$

$$P_{RT} = \frac{RT \text{ (smp/jam)}}{\text{Total (smp/jam)}} \quad (3.2)$$

(bernilai sama untuk pendekatan terlawan dan terlindung)

Keterangan :

$P_{LT}$  = Rasio kendaraan belok kiri

LT = Arus lalu lintas belok kiri (smp/jam)

$P_{RT}$  = Rasio kendaraan belok kanan

RT = Arus lalu lintas belok kanan (smp/jam)

Total = Arus lalu lintas keseluruhan (smp/jam)

### 3.8 KARAKTERISTIK VOLUME

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati satu titik yang tetap pada jalan dalam interval waktu tertentu. Volume ini biasanya diukur dengan meletakkan satu alat penghitung pada tempat dimana volume otomatis maupun cara manual. Volume lalu lintas biasanya dinyatakan dalam satuan kendaraan/hari, kendaraan/jam atau yang lebih sering digunakan adalah smp/jam. Volume lalu lintas dapat dihitung menggunakan rumus.

$$q = \frac{N}{T} \quad (3.3)$$

Keterangan :

q = volume kendaraan (kendaraan/jam)

N = jumlah kendaraan yang lewat di titik (kendaraan)

T = waktu atau periode pengamatan (jam)

Menurut Hobbs (1995), volume adalah sebuah peubah (*variable*) yang paling penting pada teknik lalu lintas, dan pada dasarnya merupakan proses perhitungan yang berhubungan dengan jumlah gerakan per satuan waktu pada lokasi tertentu.

Menurut Abubakar, dkk., (1995), karakteristik volume lalu lintas pada suatu jalan akan bervariasi tergantung pada volume total dua arah, arah lalu lintas, volume harian, bulanan, dan tahunan serta pada komposisi kendaraan.

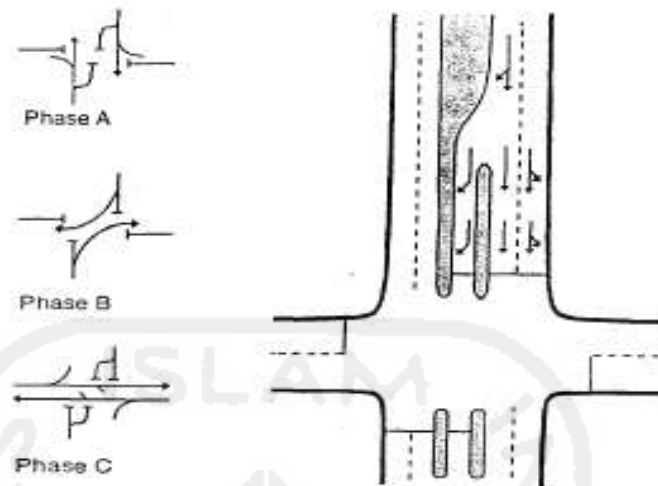
1. Variasi harian, yaitu arus lalu lintas bervariasi sesuai dengan hari dalam seminggu. Selama 6 (enam) hari dan di jalan antar kota akan menjadi sibuk di hari Sabtu dan Minggu sore.
2. Variasi jam-an, yaitu volume lalu lintas umumnya rendah pada malam hari, tetapi meningkat secara cepat sewaktu orang mulai pergi ke tempat kerja. Volume jam sibuk biasanya terjadi di jalan perkotaan pada saat orang melakukan perjalanan ke dan dari tempat kerja atau sekolah. Volume jam sibuk pada jalan antar kota lebih sulit untuk diperkirakan.
3. Variasi bulanan, yaitu volume lalu lintas yang berbeda disebabkan oleh karena adanya perbedaan musim atau budaya masyarakat seperti pada saat liburan lebaran dan lain-lain.
4. Variasi arah, yaitu volume arus lalu lintas dalam satu hari pada masing-masing arah biasanya sama besar, tetapi kalau dilihat pada waktu-waktu tertentu, misalnya pada jam sibuk banyak orang akan melakukan perjalanan dalam satu arah, demikian juga pada daerah-daerah wisata atau pada saat upacara keagamaan juga terjadi hal seperti ini dan akan kembali lagi pada akhir masa liburan tersebut. Jenis variasi ini merupakan suatu kasus yang khusus.
5. Distribusi lajur, yaitu apabila dua 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 lain sebagainya.

### **3.9 PENGGUNAAN SINYAL**

#### **3.9.1 Fase (*phase*)**

Fase adalah bagian dari siklus-sinyal dengan lampu-hijau disediakan bagi kombinasi tertentu dari gerakan lalu lintas. (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997).

Fase adalah bagian dari suatu siklus yang dialokasikan untuk kombinasi pergerakan secara bersamaan. (Liliani, 2002)



**Gambar 3.3** Contoh penggunaan fase sinyal.

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

### 3.9.2 Waktu Antar Hijau (*Intergreen*)

*Intergreen* merupakan waktu antara berakhirnya sinyal hijau pada satu fase sampai dengan awal hijau fase berikutnya.

$$IG = \text{waktu kuning} + \text{merah semua (all red)} \quad (3.4)$$

**Tabel 3.5** Nilai normal waktu antar hijau

Ukuran Simpang	Lebar Jalan Rata-rata	Nilai Normal Waktu Antar-hijau
Kecil	6 – 9 m	4 detik / fase
Sedang	10 – 14 m	5 detik / fase
Besar	$\geq 15$ m	$\geq 6$ detik / fase

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

### 3.9.3 Waktu Hilang (*Lost Time*)

*Lost Time* adalah jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap (det). Waktu hilang dapat juga diperoleh dari beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau dalam semua fase yang berurutan. ( Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

*Lost Time* adalah waktu hilang dalam suatu fase karena keterlambatan *start* kendaraan dan berakhirnya tingkat pelepasan kendaraan yang terjadi selama waktu kuning. (Liliani, 2002)

$$LTI = \Sigma IG = \Sigma (\text{Merah semua} + \text{Kuning}) \quad (3.5)$$

Keterangan :

LTI = *Lost Time* (detik)

$\Sigma IG$  = Jumlah waktu antar hijau (detik)

Dimana :

$$\text{Merah semua (all red)} = \left[ \frac{L_{EV} + l_{ev}}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right]_{MAX} \quad (3.6)$$

Keterangan :

$L_{EV}, L_{AV}$  = Jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m)

$l_{ev}$  = Panjang kendaraan yang berangkat (m)

$V_{EV}, V_{AV}$  = Kecepatan masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/det)

### 3.10 KAPASITAS SIMPANG

Kapasitas adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan.

$$C = S \times \frac{g}{c} \quad (3.7)$$

Keterangan :

C = Kapasitas (smp/jam)

c = Waktu siklus

g = Waktu hijau (det)

S = Arus jenuh

### 3.10.1 Arus Jenuh

Arus jenuh adalah besarnya keberangkatan antrian di dalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan (smp/jamhijau). Dalam menghitung arus jenuh menggunakan rumus :

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (3.8)$$

Keterangan :

- S = Arus jenuh yang disesuaikan ( smp / jam hijau)  
 S<sub>o</sub> = Arus jenuh dasar (smp / jam hijau)  
 F<sub>CS</sub> = Faktor penyesuaian ukuran kota  
 F<sub>SF</sub> = Faktor penyesuaian untuk hambatan samping  
 F<sub>G</sub> = Faktor penyesuaian untuk kelandaian  
 F<sub>P</sub> = Faktor penyesuaian parkir  
 F<sub>RT</sub> = Faktor penyesuaian belok kanan  
 F<sub>LT</sub> = Faktor penyesuaian belok kiri

### 3.10.2 Arus Jenuh Dasar

$$S_o = 600 \times W_e \quad (3.9)$$

Keterangan :

- S<sub>o</sub> = Arus jenuh dasar (smp/jam hijau)  
 W<sub>e</sub> = Lebar efektif (m)

Selain rumus arus jenuh dasar berdasarkan MKJI(1997) di atas, terdapat beberapa rumus arus jenuh dasar yang berbeda. Perbandingan rumus arus jenuh dasar sebagai berikut :

**Tabel 3.6**Perbandingan Rumus Arus Jenuh Dasar

No	Sumber	Arus Jenuh Dasar (smp/jam)
1	MKJI (1997)	600 x W <sub>e</sub>
2	Widodo (1997)	775 x W <sub>e</sub>
3	Sari (2005)	709 – 840 x W <sub>e</sub>
4	Munawar (2005)	850 x W <sub>e</sub> <sup>0,95</sup>

Sumber : Risdiyanto (2007)

### 3.10.3 Faktor Penyesuaian

#### 1. Faktor penyesuaian ukuran kota ( $F_{CS}$ )

Menurut Departemen Perhubungan (1997) faktor penyesuaian kota adalah ukuran besarnya jumlah penduduk yang tinggal dalam suatu daerah perkotaan.

**Tabel 3.7** Faktor Penyesuaian Ukuran Kota ( $F_{CS}$ )

Penduduk kota (Juta Jiwa)	Faktor penyesuaian ukuran kota ( $F_{CS}$ )
>3,0	1,05
1,0-3,0	1,00
0,5-1,0	0,94
0,1-0,5	0,83
<0,1	0,82

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

#### 2. Faktor penyesuaian untuk hambatan samping ( $F_{SF}$ )

Menurut Departemen Perhubungan (1997) faktor hambatan samping adalah kegiatan yang menyebabkan pengurangan terhadap arus jenuh di dalam pendekat.

**Tabel 3.8** Faktor penyesuaian untuk hambatan samping ( $F_{SF}$ )

Lingkungan jalan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	>0,25
Kommersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,09	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Pemukiman (RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73

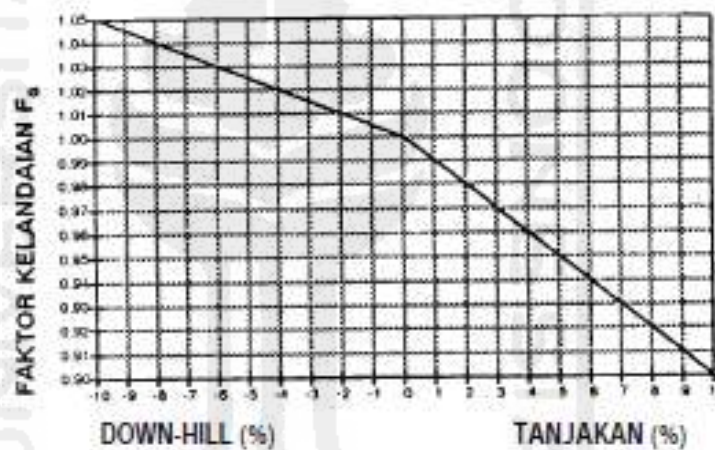
**Lanjutan Tabel 3.8** Faktor penyesuaian untuk hambatan samping ( $F_{SF}$ )

		Terlindung	0,97	0,95	0,90	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses Terbatas (RA)	Tinggi/	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
	Sedang/ Rendah	Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

### 3. Faktor penyesuaian untuk kelandaian ( $F_G$ )

Faktor penyesuaian kelandaian ditentukan sebagai fungsi dari kelandaian/*gradient* jalan.



**Gambar 3.4** Faktor penyesuaian untuk kelandaian

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

### 4. Faktor penyesuaian parkir ( $F_p$ )

Faktor penyesuaian parkir ditentukan sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai kendaraan yang diparkir pertama dan lebar pendekat. Faktor ini dapat juga diterapkan untuk kasus-kasus dengan panjang lajur belok kiri terbatas. Ini tidak perlu diterapkan jika lebar efektif ditentukan oleh lebar keluar.  $F_p$  dapat dihitung dengan menggunakan rumus

$$F_p = \frac{\left[ \frac{L_p}{3} - (W_A - 2) \times \frac{\left( \frac{L_p}{3} - g \right)}{W_A} \right]}{g} \quad (3.10)$$

Keterangan :

$L_p$  = Jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m)  
(atau panjang dari lajur pendek)

$W_A$  = Lebar pendekat (m)

$g$  = Waktu hijau pada pendekat

5. Faktor penyesuaian belok kanan ( $F_{RT}$ )

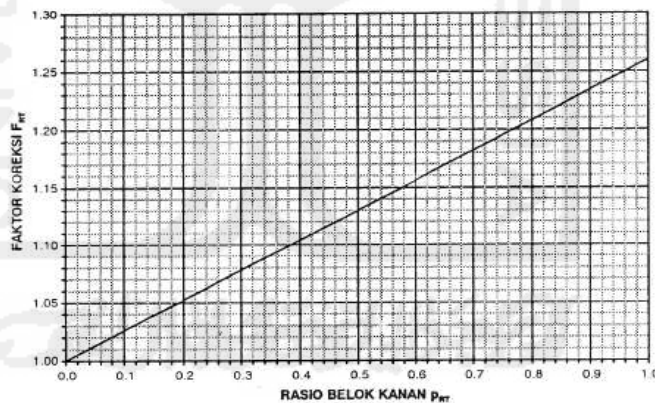
Faktor penyesuaian belok kanan ( $F_{RT}$ ) ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan. Nilai faktor penyesuaian belok kanan ( $F_{RT}$ ) bisa didapatkan berdasarkan perhitungan dengan rumus atau dengan menggunakan gambar.

$$F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \times 0,26 \quad (3.11)$$

Keterangan :

$F_{RT}$  = Faktor penyesuaian belok kanan

$P_{RT}$  = Rasio arus belok kanan pada pendekat.



**Gambar 3.5** Faktor penyesuaian belok kanan

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

6. Faktor penyesuaian belok kiri ( $F_{LT}$ )

Faktor penyesuaian belok kiri ( $F_{LT}$ ) ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri  $P_{LT}$  penyesuaian belok kiri hanya untuk pendekat tipe P tanpa LTOR, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

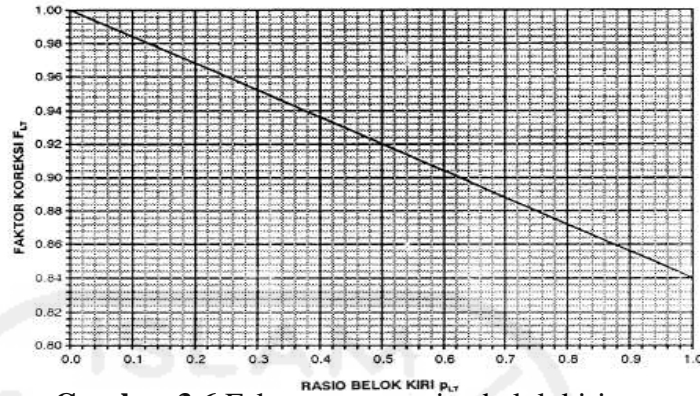
$$F_{LT} = 1,0 - P_{LT} \times 0,16 \quad (3.12)$$



Keterangan :

$F_{LT}$  = Faktor penyesuaian belok kiri.

$P_{LT}$  = Rasio arus belok kiri pada pendekat.



**Gambar 3.6** Faktor penyesuaian belok kiri

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

### 3.10.4 Waktu Siklus

Waktu siklus adalah waktu yang diperlukan untuk suatu rangkaian nyala lampu secara lengkap. Panjang siklus pada rampu lalu lintas yang beroperasi tergantung pada kondisi lalu lintas. Waktu siklus yang rendah biasanya pada persimpangan dengan lebar lebih kecil dari 10 m mempunyai waktu siklus yang lebih besar. Waktu siklus yang rendah dari yang disarankan akan menyebabkan lebih sulit bagi pejalan kaki untuk menyeberang jalan, hal ini juga patut menjadi pertimbangan. Dikenal beberapa macam waktu siklus yaitu :

1. Waktu siklus sebelum penyesuaian

$$c = \frac{(1,5 \times LTI + 5)}{(1 - \sum FR_{crit})} \quad (3.13)$$

Keterangan :

$c$  = Waktu siklus sinyal (detik)

$LTI$  = Jumlah waktu hilang per siklus (detik)

$FR$  = Arus dibagi dengan arus jenuh ( $Q/S$ )

$FR_{crit}$  = Nilai  $FR$  tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal

$(FR_{crit})$  = Rasio arus simpang = jumlah  $FR_{crit}$  dari semua fase pada siklus tersebut

2. Waktu siklus yang disesuaikan, berdasar waktu hijau yang diperoleh dan telah dibulatkan

$$c = \Sigma g + LTI \quad (3.14)$$

Keterangan:

$c$  = Waktu siklus sinyal (detik)

$\Sigma g$  = Jumlah waktu hijau per siklus (detik)

LTI = Jumlah waktu hilang per siklus (detik)

**Tabel 3.9** Waktu Siklus yang Disarankan

Tipe kontrol	Waktu siklus yang layak (detik)
2 fase	40 – 80
3 fase	50 – 100
4 fase	80 - 130

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

### 3.10.5 Waktu Hijau

$$g_i = (c - LTI) \times FR_{crit} / \Sigma(FR_{crit}) \quad (3.15)$$

Keterangan :

$g_i$  = Tampilan waktu hijau pada fase i (detik)

$c$  = Waktu siklus (detik)

LTI = Jumlah waktu hilang per siklus (detik)

FR = Arus dibagi dengan arus jenuh (Q/S)

$FR_{crit}$  = Nilai FR tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal

$(FR_{crit})$  = Rasio arus simpang = jumlah  $FR_{crit}$  dari semua fase pada siklus tersebut

### 3.11 RASIO ARUS, RASIO ARUS SIMPANG, DAN RASIO FASE

1. Rasio Arus

Rasio arus adalah rasio antara arus lalu lintas dan arus jenuh dari suatu pendekat.

$$FR = \frac{Q}{S} \quad (3.16)$$

Keterangan :

FR = Rasio arus

Q = Arus lalu lintas

S = Arus jenuh

## 2. Rasio Arus Simpang

Rasio arus simpang adalah jumlah dari rasio kritis atau tertinggi untuk semua fase sinyal yang berurutan dalam suatu siklus.

$$IFR = (FR_{crit}) \quad (3.17)$$

Keterangan :

IFR = Rasio arus simpang

FR<sub>crit</sub> = Rasio arus yang kritis

## 3. Rasio Fase

Rasio fase adalah rasio yang kritis dibagi dengan rasio arus simpang.

$$PR = \frac{FR_{crit}}{IFR} \quad (3.18)$$

Keterangan :

PR = Rasio fase

IFR = Rasio arus simpang

FR<sub>crit</sub> = Rasio arus yang kritis

### 3.12 DERAJAT KEJENUHAN

Derajat kejenuhan adalah perbandingan dari volume (nilai arus) lalu lintas terhadap kapasitasnya. Ini merupakan gambaran apakah suatu ruas jalan mempunyai masalah atau tidak, berdasarkan asumsi jika ruas jalan makin dekat dengan kapasitasnya kemudahan bergerak makin terbatas.

$$DS = \frac{Q}{c} \quad (3.19)$$

Keterangan :

- DS = Derajat kejenuhan (per jam)  
 Q = Volume lalu lintas (smp/jam)  
 C = Kapasitas (smp/jam)

### 3.13 PANJANG ANTRIAN

Panjang antrian (*queue length*) merupakan jumlah kendaraan yang antri pada suatu pendekat.

1. Untuk  $DS > 0,5$

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[ (DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \quad (3.20)$$

2. Untuk  $DS \leq 0,5$

$$NQ_1 = 0 \quad (3.21)$$

Keterangan :

- $NQ_1$  = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya  
 C = Kapasitas (smp/jam)  
 DS = Derajat kejenuhan

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (3.22)$$

Keterangan :

- $NQ_2$  = Jumlah smp yang datang selama fase merah (smp)  
 DS = Derajat kejenuhan  
 c = Waktu siklus (detik)  
 GR = Rasio hijau (g/c)  
 Q = Arus lalu lintas pada tempat masuk diluar LTOR (smp/jam)

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (3.23)$$

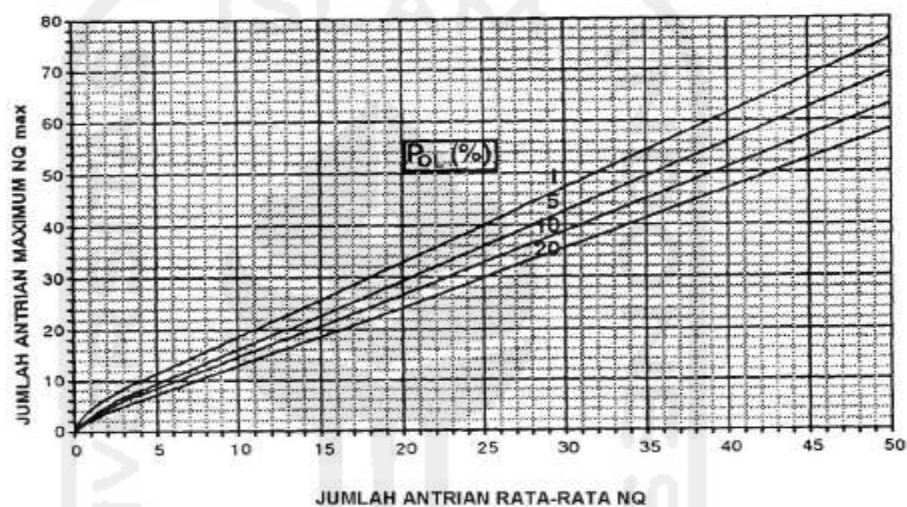
Keterangan :

$NQ$  = Jumlah antrian total (smp)

$NQ_1$  = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (smp)

$NQ_2$  = Jumlah smp yang datang selama fase merah (smp)

Untuk menentukan  $NQ_{MAX}$  dapat dicari dari gambar di bawah ini, dengan menghubungkan nilai  $NQ$  dan *probabilitas overloading* ( $P_{OL}$ ). Untuk perencanaan dan desain disarankan nilai  $P_{OL} < 5\%$ , sedangkan untuk operasional disarankan  $P_{OL}$  5-10%.



**Gambar 3.7** Penghitungan Jumlah Antrian ( $NQ_{MAX}$ ) dalam smp.

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

$$QL = NQ_{MAX} \times \frac{20}{W_{MASUK}} \quad (3.24)$$

Keterangan :

$QL$  = Panjang antrian (m)

$NQ_{MAX}$  = Jumlah antrian maksimum

$W_{MASUK}$  = Lebar pendekat masuk (m)

### 3.14 ANGKA HENTI

Angka henti ( $NS$ ), yaitu jumlah berhenti rata-rata per-kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu simpang, dihitung sebagai berikut :

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \quad (3.25)$$

Keterangan :

NS = Angka henti

NQ = Jumlah antrian total

c = Waktu siklus (detik)

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

Jumlah kendaraan terhenti ( $N_{SV}$ ) pada masing-masing pendekat dapat dihitung dengan rumus :

$$N_{SV} = Q \times NS \quad (3.26)$$

Keterangan :

$N_{SV}$  = Jumlah kendaraan terhenti

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

NS = Angka henti

Angka henti seluruh simpang didapatkan dengan membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total Q dalam kend/jam.

$$NS_{TOT} = \frac{\sum N_{SV}}{Q_{TOT}} \quad (3.27)$$

Keterangan :

$NS_{TOT}$  = Kendaraan terhenti rata-rata

$N_{SV}$  = Jumlah kendaraan terhenti

$Q_{TOT}$  = Jumlah arus lalu lintas (smp/jam)

### 3.15 TUNDAAN

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui sebuah persimpangan apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui simpangan.

1. Tundaan lalu lintas (DT)

Tundaan lalu lintas (DT) adalah waktu menunggu yang disebabkan interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang bertentangan.

$$DT_j = c \times \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)} + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \quad (3.28)$$

Keterangan :

$DT_j$  = Tundaan lalu-lintas rata-rata pada pendekat j (det/smp)

$c$  = Waktu siklus yang disesuaikan (detik)

$GR$  = Rasio hijau (g/c)

$DS$  = Derajat kejenuhan

$C$  = Kapasitas (smp/jam)

$NQ_1$  = Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

2. Tundaan geometri (DG) karena perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan/atau terhenti karena lampu merah.

$$DG_j = (1-P_{sv}) \times P_T \times 6 + (P_{sv} \times 4) \quad (3.29)$$

Keterangan:

$DG_j$  = Tundaan geometri rata-rata pada pendekat j (det/smp)

$P_{sv}$  = Rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat

$P_T$  = Rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

Sehingga tundaan rata-rata untuk suatu pendekat adalah :

$$D_j = DT_j + DG_j \quad (3.30)$$

Keterangan:

$D_j$  = Tundaan rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

$DT_j$  = Tundaan lalu-lintas rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

$DG_j$  = Tundaan geometri rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

Dan tundaan total adalah :

$$D_{TOT} = D_j \times Q \quad (3.31)$$

Keterangan :

$D_{TOT}$  = Tundaan total (smp.det)

$D_j$  = Tundaan rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

$Q$  = Arus lalu lintas (smp/jam)

Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang dapat dicari dengan rumus :

$$D_1 = \frac{\Sigma(Q \times D)}{Q_{TOT}} \quad (3.32)$$

Keterangan :

$D_1$  = Tundaan simpang rata-rata (det/smp)

$\Sigma(Q \times D)$  = Tundaan total (smp.det)

$Q_{TOT}$  = Arus lalu lintas total (smp/jam)

### 3.16 TINGKAT PELAYANAN (*LEVEL OF SERVICE*)

Tingkat pelayanan adalah kemampuan ruas jalan dan/atau persimpangan untuk menampung lalu lintas pada keadaan tertentu. (Permenhub, 2015).

**Tabel 3.10** Tingkat Pelayanan Persimpangan

<b>Tingkat Pelayanan</b>	<b>Tundaan (detik/kendaraan)</b>
A	$\leq 5,0$
B	5,10 – 15,0
C	15,1 – 25,0
D	25,1 – 40,0
E	40,1 – 60,0
F	>60

(Sumber : Permenhub, 2015)



### 3.17 KONFLIK DI PERSIMPANGAN

Baguley (1984) dan Glennon (1977) mendefinisikan konflik sebagai situasi dimana seorang pengguna jalan atau lebih yang saling mendekati atau mendekati obyek lain pada ruang dan waktu dengan sedemikian rupa sehingga menyebabkan resiko tabrakan jika pergerakan tidak dapat dirubah. Data studi konflik membantu mengidentifikasi masalah yang paling mungkin menjadi kecelakaan di suatu persimpangan. Data tersebut dapat digunakan untuk mengevaluasi jalan tanpa harus menunggu data kecelakaan.

#### 3.17.1 Manuver Kendaraan Dan Titik Konflik

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

1. Jumlah kaki persimpangan yang ada
2. Jumlah lajur pada setiap kaki persimpangan
3. Jumlah arah pergerakan yang ada
4. Sistem pengaturan yang ada

Jumlah potensial titik konflik pada persimpangan tergantung dari :

1. Jumlah arah gerakan
2. Jumlah kaki persimpangan
3. Jumlah lajur dari setiap kaki persimpangan
4. Pengaturan simpang

Dari sifat dan tujuan gerakan di daerah persimpangan, dikenal beberapa bentuk alih gerak yaitu :

1. *Diverging* (memisah)

*Diverging* adalah peristiwa memisahkannya kendaraan dari suatu arus yang sama ke jalur yang lain.

2. *Merging* (menggabung)

*Merging* adalah peristiwa menggabungkannya kendaraan dari satu jalur ke jalur yang lain.

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.

4. *Weaving* (menyilang)

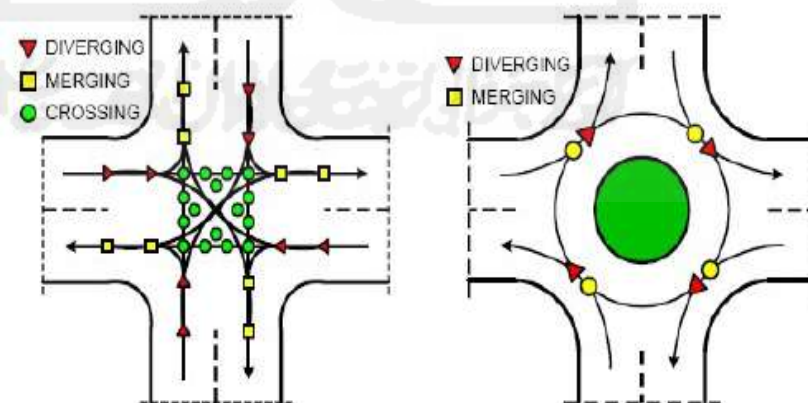
*Weaving* adalah pertemuan dua arus lalu lintas atau lebih yang berjalan menurut arah yang sama sepanjang suatu lintasan di jalan raya tanpa bantuan rambu lalu lintas. Gerakan ini sering terjadi pada suatu jalur ke jalur lain misalnya pada saat kendaraan masuk ke suatu jalan raya dari jalan masuk, kemudian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



**Gambar 3.8** Pola pergerakan dasar pada persimpangan

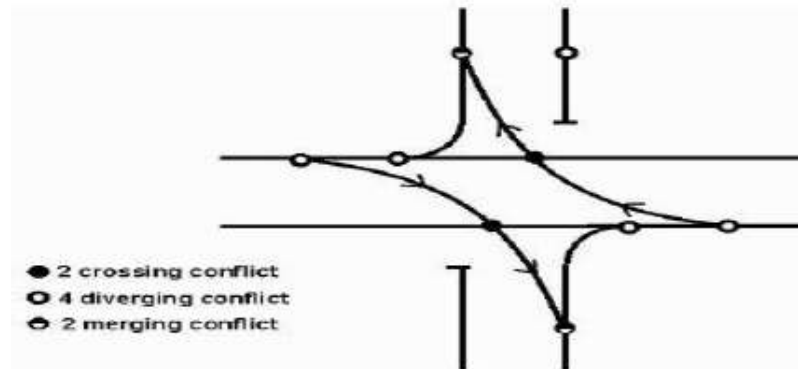
(Sumber : Underwood,1991)

Contoh manuver gerak pada persimpangan empat lengan, yaitu :



**Gambar 3.9** Manuver gerak persimpangan empat lengan tak bersinyal.

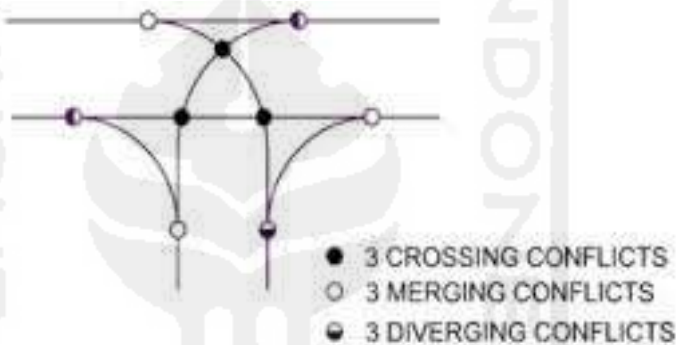
(Sumber : Underwood,1991)



**Gambar 3.10**Manuver gerak persimpangan empat lengan bersinyal.

(Sumber : Ahmad Munawar, 2004)

Contoh manuver gerak pada persimpangan tiga lengan, yaitu :



**Gambar 3.11**Manuver gerak persimpangan tiga lengan.

(Sumber :Ahmad Munawar, 2004)

### 3.17.2 Tipe Konflik Pada Persimpangan

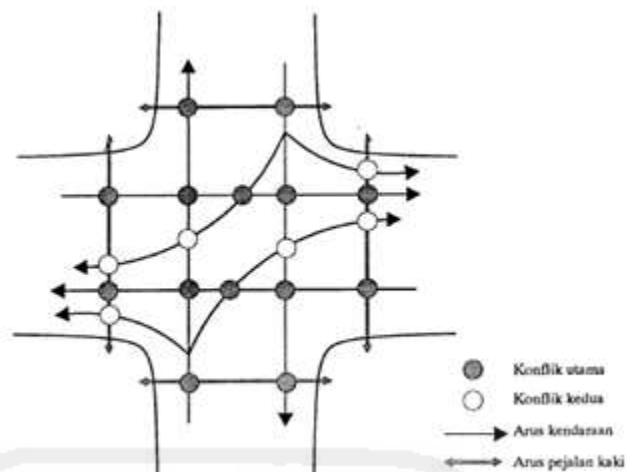
Berdasarkan sifatnya konflik yang ditimbulkan oleh manuver kendaraan dan *pendestrian* dibedakan menjadi 2 tipe, yaitu :

#### 1. Konflik Primer

Konflik primer yaitu yang terjadi antara arus lalu lintas yang saling mendorong.

#### 2. Konflik Sekunder

Konflik sekunder yaitu konflik yang terjadi antara arus lalu lintas kanan dengan arus lalu lintas arah lainnya dan lalu lintas belok kiri dengan pejalan kaki.



**Gambar 3.12** Konflik-konflik utama dan kedua pada simpang dengan 4 lengan.

(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

### 3.18 ANGKUTAN UMUM PENUMPANG

Menurut SK Dirjen Perhubungan Darat No 687 Tahun 2002 tentang Penyelenggaraan Angkutan Penumpang Umum di Wilayah Perkotaan Dalam Trayek Tetap dan Teratur, angkutan adalah pemindahan orang dan atau barang dari satu tempat ke tempat lain dengan menggunakan kendaraan.

Angkutan merupakan sarana transportasi yang digunakan untuk memindahkan orang dari suatu tempat ke tempat lain. Sarana transportasi secara kepemilikan dapat dibagi dua, yaitu transportasi pribadi dan transportasi umum. Kebutuhan akan angkutan penumpang tergantung fungsi bagi kegunaan seseorang (*personal place utility*) (Salim, 1993).

Dalam Peraturan Pemerintah Nomor 74 Tahun 2014 tentang Angkutan Jalan, jenis pelayanan angkutan orang dengan kendaraan bermotor diklasifikasikan sebagai berikut ini.

1. Angkutan orang dengan kendaraan bermotor umum dalam trayek meliputi:
  - a. Angkutan Lintas Batas Negara
  - b. Angkutan Antar Kota Antar Provinsi
  - c. Angkutan Antar Kota Dalam Provinsi
  - d. Angkutan Perkotaan
  - e. Angkutan Perdesaan.

Pelayanan angkutan orang dengan kendaraan bermotor umum dalam trayek harus memenuhi kriteria sebagai berikut ini.

- a. Memiliki rute tetap dan teratur.
  - b. Terjadwal, berawal, berakhir, dan menaikkan atau menurunkan penumpang di terminal untuk angkutan antarkota dan lintas batas Negara.
  - c. Menaikkan dan menurunkan penumpang pada tempat yang ditentukan untuk angkutan perkotaan dan perdesaan.
  - d. Tempat yang ditentukan adalah terminal, halte, atau rambu pemberhentian kendaraan bermotor umum.
  - e. Kendaraan yang digunakan untuk pelayanan angkutan orang dalam trayek meliputi mobil penumpang umum atau mobil bus umum.
2. Angkutan orang dengan kendaraan bermotor tidak dalam trayek meliputi:
- a. angkutan orang dengan menggunakan taksi,
  - b. angkutan orang dengan tujuan tertentu,
  - c. angkutan orang untuk keperluan pariwisata,
  - d. angkutan orang di kawasan tertentu.

### **3.18.1 Perilaku Kendaraan Angkutan Umum Penumpang**

Kendaraan angkutan umum penumpang adalah merupakan kendaraan yang digunakan untuk mengangkut orang atau masyarakat umum dari suatu tempat ke tempat lain. Perilaku kendaraan ini tidak lepas dipengaruhi oleh karakteristik pengemudi, karakteristik kendaraan dan karakteristik lalu lintasnya.

Clarkson H. Oelesby dan R. Gary Hicks (1988), menguraikan bahwa karakteristik pengemudi dipengaruhi oleh beberapa factor antara lain : umur, jenis kelamin, tingkat pengetahuan. Keadaan tersebut akan berpengaruh terhadap respon penglihatan, proses informasi, pengambilan keputusan dan reaksinya serta kepentingan pengemudi. Reaksi sebagai tanggapan berdasarkan keputusan yang diambil apakah pengemudi harus memperlambat, mempercepat, gerakan memutar, membelok, berhenti atau gerakan mundur dari kendaraannya. Karakteristik kendaraan adalah terdiri atas ukuran (dimensi) antara lain panjang, lebar, tinggi, kuatnya dan kemampuan operasionalnya (gerakan maju, mundur, berputar, kemampuan daya angkut).

Akibat kepentingan dari dua pihak yaitu calon penumpang (pengguna jasa) yang ingin cepat sampai tujuan dan pengemudi (operator kendaraan) untuk menawarkan jasanya agar memperoleh penghasilan sebanyak-banyaknya maka timbulah kecenderungan perilaku sebagai berikut :

1. Kendaraan angkutan penumpang umum berjalan lambat untuk menawari calon penumpang yang ada di dekat simpang.
2. Adanya kebiasaan kendaraan angkutan penumpang umum yang berhenti untuk menaikkan dan menurunkan penumpang di dekat simpang jalan.

### **3.18.2 Peranan Angkutan Umum Penumpang**

Angkutan umum berperan dalam memenuhi kebutuhan manusia akan pergerakan ataupun mobilitas yang semakin meningkat, untuk berpindah dari suatu tempat ke tempat lain yang berjarak dekat, menengah ataupun jauh. Angkutan umum juga berperan dalam pengendalian lalu lintas, penghematan bahan bakar atau energi, dan juga perencanaan dan pengembangan wilayah. (Warpani, 1990)

Tujuan utama dari angkutan umum adalah menyelenggarakan pelayanan angkutan yang baik dan layak bagi masyarakat secara aman, cepat, murah dan nyaman (Warpani, 1990). Pelayanan yang baik adalah pelayanan yang sesuai dengan kriteria parameter kinerja angkutan umum yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Parameter kinerja angkutan umum yang terdapat dalam SK Dirjen Perhubungan Darat No 687 Tahun 2002 tentang Pedoman Praktis Penyelenggaraan Angkutan Penumpang Umum di Wilayah Perkotaan Dalam Trayek tetap dan Teratur diasumsikan sebagai Parameter Kinerja Angkutan Antar Kota Dalam Provinsi (AKDP) karena belum adanya parameter kinerja untuk angkutan umum bus AKDP. Parameter kinerja angkutan umum tersebut diklasifikasikan sebagai berikut ini.

1. Faktor muat (*load Factor*)
2. Jumlah penumpang yang diangkut
3. Waktu antara (*headway*)
4. Waktu tunggu penumpang
5. Kecepatan perjalanan

6. Sebab-sebab keterlambatan
7. Ketersediaan angkutan
8. Tingkat konsumsi bahan bakar

**Tabel 3.11** Klasifikasi Trayek Menurut Jenis Pelayanan dan Jenis Angkutan

Klasifikasi Trayek	Jenis Pelayanan	Jenis Angkutan	Kapasitas Penumpang PerHari/Kendaraan
Utama	1. Non Ekonomi	1. Bus Besar (Lantai Ganda)	1.500 – 1.800
	2. Ekonomi	2. Bus Besar (Lantai Tunggal)	1.000 – 1.200
Cabang	1. Non Ekonomi	3. Bus Sedang	500-600
		1. Bus Besar	1.000 – 1.200
		2. Bus Sedang	500 – 600
Ranting	2. Ekonomi	3. Bus Kecil	300 – 400
		1. Bus Sedang	500 – 600
		2. Bus Kecil	300 – 400
Langsung	1. Non Ekonomi	3. Bus MPU (hanya roda empat)	250-300
		1. Bus Besar	1.000 – 1.200
		2. Bus Sedang	500 – 600
		3. Bus Kecil	300 – 400

(Sumber : Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 2002)

Penentuan jenis angkutan berdasarkan ukuran kota dan trayek secara umum dapat dilihat pada Tabel 3. di bawah ini.

**Tabel 3.12** Penentuan Jenis angkutan berdasarkan ukuran kota dan trayek

Klasifikasi Trayek	Ukuran Kota			
	Kota Raya >1.000.000 Penduduk	Kota Besar 500.000 – 1.000.000 Penduduk	Kota Sedang 100.000 – 500.000 Penduduk	Kota Kecil <100.000 Penduduk
Utama	1. KA 2. Bus Besar (SD/DD)	Bus Besar	Bus Besar / Sedang	Bus Sedang
Cabang	1. Bus Besar 2. Bus Sedang	Bus Sedang	Bus Sedang / Kecil	Bus Kecil
Ranting	Bus Sedang atau kecil	Bus Kecil	MPU (Hanya roda empat)	MPU (Hanya roda empat)
Langsung	Bus Besar	Bus Besar	Bus Sedang	Bus Sedang

(Sumber : Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 2002)

### 3.18.3 Prioritas Angkutan Umum Pada Persimpangan

Menurut Ditjen Perhubungan Darat (2006) ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk memberi kemudahan kepada angkutan umum di persimpangan antara lain dengan :

### 1. Pengendalian terhadap larangan belok kanan

Pada persimpangan yang dilarang belok kanan dapat diberikan kemudahan bagi angkutan umum untuk dapat belok kanan. Hal tersebut dapat diterapkan pada persimpangan yang tidak dikendalikan dengan APILL maupun pada persimpangan yang dikendalikan dengan APILL.

### 2. Prioritas APILL

Prioritas angkutan umum terhadap APILL dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu :

#### a. Pengaturan awal

Pada ‘pengaturan awal’ penetapan waktu APILL dilakukan dengan memberikan tambahan beberapa detik waktu hijau di atas kebutuhan sebenarnya pada kaki yang dilalui oleh trayek angkutan umum. Dengan demikian antrian dapat diperpendek pada kaki persimpangan yang dilalui oleh trayek angkutan umum.

#### b. Kesempatan dini

Pada ‘kesempatan dini’ di persimpangan dilengkapi dengan detektor angkutan umum, yang berfungsi untuk mendeteksi angkutan umum yang akan melewati persimpangan. Angkutan umum dilengkapi dengan transponder sehingga bila ada angkutan umum yang akan melewati persimpangan maka sinyal yang dikeluarkan transponder angkutan umum akan ditangkap oleh detektor dan diteruskan ke kontroller (*control box*) untuk selanjutnya diberikan prioritas kepada angkutan umum untuk melalui persimpangan, yang dilakukan dengan beberapa cara seperti :

- 1) Lampu hijaunya diperlambat sampai angkutan umum tersebut lewat atau bila lampu sedang merah, merahnya diperpendek.
- 2) Dilakukan pengaturan seperti yang dilakukan pada 1, dan bila diperlukan fase-fase tertentu dilompati sehingga angkutan umum dapat melintasi persimpangan dengan lebih cepat.

### 3.19 TIME HEADWAY

*Time Headway* adalah selisih waktu antar kendaraan yang beriringan yang melewati suatu titik tertentu dalam satu lajur (Salter, 1974).



*Headway* adalah jarak waktu antar kendaraan pada jalur suatu jalan yang sama. Semakin kecil nilai *headway* menunjukkan frekwensi kendaraan semakin tinggi sehingga akan menyebabkan waktu tunggu yang rendah, ini merupakan kondisi yang menguntungkan bagi penumpang, namun disisi lain akan mengakibatkan gangguan lalu lintas.(SK Dinas Perhubungan Darat No. 687, 2002)

### 3.20 SIMULASI LALU LINTAS

Simulasi adalah suatu proses peniruan dari sesuatu yang nyata beserta keadaan sekelilingnya (*state of affairs*). Aksi melakukan simulasi ini secara umum menggambarkan sifat-sifat karakteristik kunci dari kelakuan sistem fisik atau sistem yang abstrak tertentu. (<http://id.wikipedia.org/wiki/Simulasi>, 2013)

Model simulasi lalu lintas merupakan sebuah pendekatan yang efektif untuk menganalisis operasi lalu lintas karena bisa menghasilkan output yang relatif mendekati kondisi nyata.

Simulasi lalu lintas adalah pemodelan matematika dari sistem transportasi (misalnya, persimpangan jalan bebas hambatan, arteri rute, bundaran, sistem jaringan pusat kota, dan lain-lain) melalui penerapan perangkat lunak komputer untuk lebih membantu rencana, desain dan mengoperasikan sistem transportasi. Simulasi sistem transportasi dimulai lebih dari empat puluh tahun lalu, dan merupakan area yang penting dalam rekayasa lalu lintas dan perencanaan transportasi. berbagai lembaga transportasi lokal, lembaga akademik dan perusahaan konsultan menggunakan simulasi untuk membantu dalam manajemen mereka dalam hal jaringan transportasi. Model simulasi lalu lintas berguna dari perspektif mikroskopis, makroskopis dan kadang-kadang mesoscopis. Simulasi dapat diterapkan dengan baik dalam perencanaan transportasi dan operasi transportasi. Dalam perencanaan transportasi model simulasi mengevaluasi dampak dari pola pembangunan daerah perkotaan terhadap kinerja infrastruktur transportasi.

([http://en.wikipedia.org/wiki/Traffic\\_simulation](http://en.wikipedia.org/wiki/Traffic_simulation), 2015).

### 3.21 VISSIM

Menurut PTV-AG (2011), *VISSIM* adalah multi-moda lalu lintas perangkat lunak aliran mikroskopis simulasi. Hal ini dikembangkan oleh PTV (*Planung Transportasi Verkehr AG*) di Karlsruhe, Jerman. Nama ini berasal dari "*Verkehr Städten – SIMulationsmodell*" (bahasa Jerman untuk "Lalu lintas di kota - model simulasi"). *VISSIM* dimulai pada tahun 1992 dan saat ini pemimpin pasar global. *VISSIM* model simulasi telah dipilih untuk mengkalibrasi kondisi lalu lintas, sehingga membuat *software* ini menjadi *software* yang berguna untuk mengevaluasi berbagai macam alternatif rekayasa transportasi dan tingkat perencanaan yang paling efektif. *VISSIM* menyediakan kemampuan animasi dengan perangkat tambahan besar dalam 3-D. Simulasi jenis kendaraan (yaitu dari mobil penumpang, truk, kereta api ringan dan kereta api berat). Selain itu, klip video dapat direkam dalam program, dengan kemampuan untuk secara dinamis mengubah pandangan dan perspektif. Elemen visual lainnya, seperti pohon, bangunan, fasilitas transit dan rambu lalu lintas, dapat dimasukkan ke dalam animasi 3-D.

*VISSIM (Verkehr in Stadten Simulations Model)* adalah *software* yang bisa melakukan simulasi untuk lalu lintas mikroskopik, transportasi umum dan pejalan kaki. *VISSIM* adalah alat canggih yang tersedia untuk mensimulasikan aliran-aliran lalu lintas multi-moda, termasuk mobil, angkutan barang, bus, *heavy rail*, *tram*, LRT, sepeda motor, sepeda, hingga pejalan kaki. Pengguna *software* ini bisa memodelkan segala jenis konfigurasi geometrik ataupun perilaku pengguna jalan yang terjadi dalam sistem transportasi. *VISSIM* digunakan pada banyak kebutuhan simulasi lalu lintas dan transportasi umum, seperti skema perlambatan lalu lintas, studi tentang *Light Rail/Bus Rapid Transit*, perkiraan penggunaan *intelligent transport system* yang sesuai, simpang bersinyal dan tidak bersinyal yang kompleks dan sebagainya. *VISSIM* telah digunakan untuk menganalisis jaringan-jaringan dari segala jenis ukuran, jarak persimpangan individual hingga keseluruhan daerah metropolitan. Dalam jaringan-jaringan transportasi berikut, *VISSIM* mampu memodelkan semua klasifikasi fungsi jalan mulai dari jalan raya lintas untuk sepeda motor hingga jalan raya untuk mobil. Jangkauan aplikasi jaringan *VISSIM* yang luas juga meliputi fasilitas-fasilitas transportasi

umum, sepeda hingga pejalan kaki. Selain itu *VISSIM* juga bisa mensimulasikan geometrik dan kondisi operasional yang unik yang terdapat dalam sistem transportasi. Data-data yang ingin dimasukkan untuk dianalisis dilakukan sesuai keinginan pengguna. Perhitungan-perhitungan keefektifan yang beragam bisa dimasukkan pada *software VISSIM*, pada umumnya antara lain tundaan, kecepatan, antrian, waktu tempuh, kepadatan, berhenti. (Aryandi, 2014)

Menurut Marco (2009) *VISSIM* adalah alat simulasi mikroskopis. Kendaraan dan pejalan kaki disimulasikan secara individual. Pengguna perangkat lunak dapat menetapkan setiap pejalan kaki pergi sendiri atau kecepatan. Interaksi yang realistis antara semua pengguna jalan dipetakan. Sinyal cahaya, penyeberangan pejalan kaki, tetapi juga penyeberangan diatur jalan dapat dimodelkan dan disimulasikan. Bahkan sukarela pelanggaran lalu lintas dengan pejalan kaki dapat dipetakan.

*VISSIM* dapat menganalisis lalu lintas dan perpindahan dengan batasan pemodelan seperti geometrik jalur, komposisi kendaraan, sinyal lalu lintas, *stop line*, perilaku pengemudi dan lain-lain, sehingga menjadi suatu alat yang berguna untuk mengevaluasi berbagai alternatif berdasarkan rekayasa transportasi sebagai langkah-langkah pengambilan keputusan yang lebih efektif dan efisien dalam suatu kegiatan perencanaan termasuk simulasi dalam pengembangan model.

*VISSIM* dapat diterapkan sebagai alat yang berguna dalam berbagai pengaturan masalah transportasi, pada daftar berikut ini merupakan beberapa gambaran aplikasi *VISSIM*:

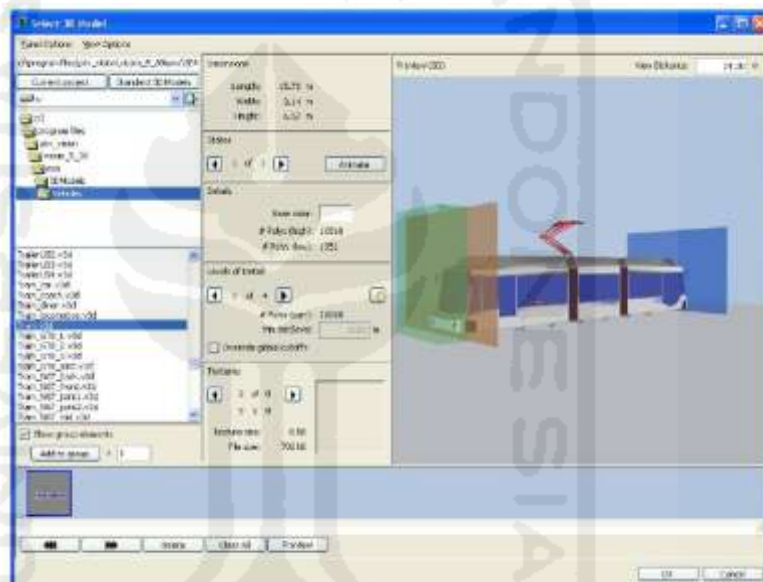
1. *VISSIM* digunakan untuk mengevaluasi dan mengoptimasi oprasi lalu lintas yang dikombinasikan dengan koordinat jaringan dan pengaturan sinyal aktual.
2. *VISSIM* dapat digunakan untuk analisa kecepatan suatu area dan area yang bergabung.
3. *VISSIM* memungkinkan untuk melakukan perbandingan dari alternatif desain termasuk sinyal dan pengaturan sinyal stop di persimpangan.

### **3.22 PENGGUNAAN VISSIM PADA SIMULASI LALU LINTAS**

1. *Base Data* untuk Simulasi Lalu Lintas

Kondisi lalu lintas yang saling terkait dan mempengaruhi satu sama lain, menyebabkan suatu keharusan untuk menyediakan variabilitas tersebut dalam *software VISSIM*. Dalam *VISSIM*, hal ini diwujudkan dalam penyatuan beberapa parameter menggunakan distribusi stokastik. Dalam penelitian ini, parameter yang digunakan antara lain:

- Vehicle Input*, memasukkan jumlah arus lalu lintas (kend/jam) sesuai dengan hasil survei di lapangan.
- 2D/3D Model*, pemilihan model-model kendaraan yang ingin dimasukkan dalam simulasi. Tampilan dari menu *2D/3D Model* dapat dilihat pada Gambar 3.14 dan Gambar 3.15.



Gambar 3.13 2D/3D Models

(Sumber: Rama Dwi Aryandi, 2014)

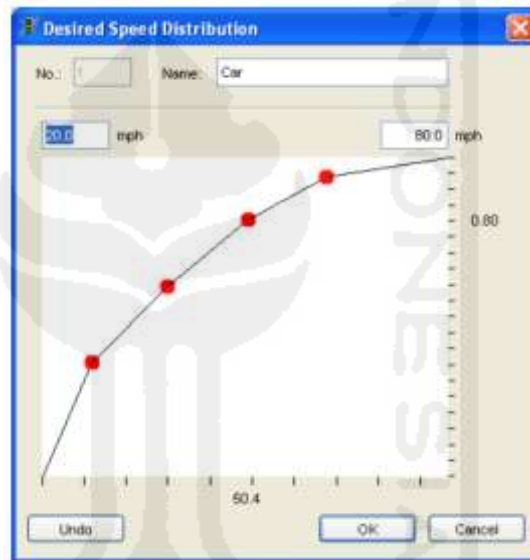
Count	No	Name	Length
1	1	Car - Volkswagen Golf	4.211
2	2	Car - Audi A4	4.610
3	3	Car - Mercedes CLK	4.644
4	4	Car - Peugeot 607	4.760
5	5	Car - Volkswagen Beetle	4.012

Gambar 3.14 2D/3D Models

(Sumber: Rama Dwi Aryandi, 2014)

- Vehicle Composition*, pengaturan seberapa besar persentase tiap-tiap jenis kendaraan terhadap arus lalu lintas yang ada.

- d. *Desired Speed Distribution*, untuk semua jenis kendaraan, kecepatan merupakan parameter yang penting yang menentukan yang mempunyai pengaruh yang signifikan pada kapasitas jalan raya dan kecepatan perjalanan yang dapat diraih. Jika tidak dihalangi oleh kendaraan lain, maka kendaraan dapat melakukan perjalanan pada *desire speed*-nya sesuai dengan yang diatur oleh pengguna. Semakin banyak jenis kendaraan yang mempunyai *desired speed* yang berbeda, maka akan semakin banyak peleton kendaraan yang tercipta. Tampilan menu *Desired Speed Distribution* dan contoh penentuan variasi kecepatan kendaraan dapat dilihat pada Gambar 3.16.

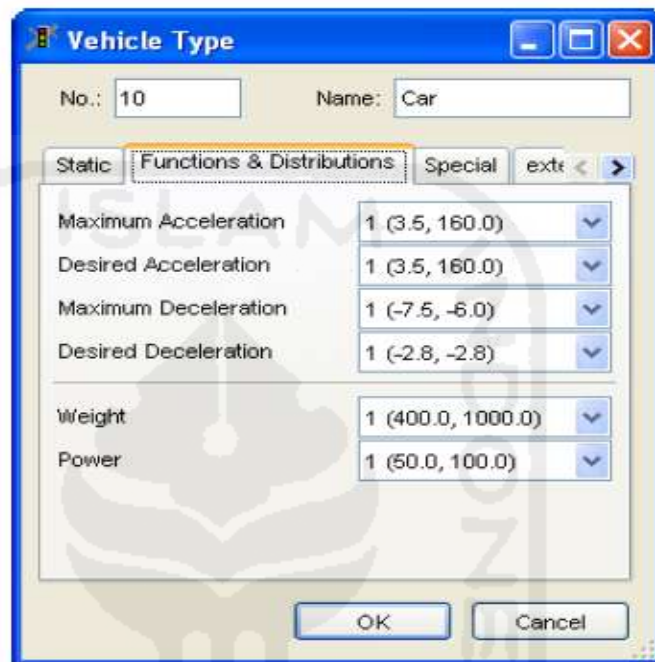


**Gambar 3.15** *Desired Speed Distribution*

(Sumber: Rama Dwi Aryandi, 2014)

- e. *Vehicle type, class and category*. *Vehicle type* adalah sekelompok kendaraan dengan karakteristik teknis dan perilaku fisik berkendara yang sama (Contoh: mobil, bus, HGV, Tram, sepeda motor, sepeda, pejalan kaki). *Vehicle class* adalah satu atau lebih tipe kendaraan yang dikombinasikan dalam satu kelas kendaraan. *Vehicle category* adalah penetapan terlebih dahulu kategori- kategori statis kendaraan yang menyertakan interaksi yang sama antar kendaraan, contohnya kendaraan jenis tram tidak diperbolehkan bertukar lajur pada jalan berlajur banyak dan dan tidak bergerak kesana kemari pada kecepatan yang diinginkan.

Pada Gambar 3.17 dan Gambar 3.18 di bawah ini, dapat dilihat tampilan menu dari *Vehicle Type* dan *Vehicle Class*, dimana dapat diketahui bahwa setiap jenis kendaraan mempunyai karakter tertentu, baik yang sudah ditentukan sebelumnya seperti *acceleration* dan *deceleration* maupun yang ditentukan sendiri seperti warna kendaraan.



**Gambar 3.16** *Vehicle Type*

(Sumber: Rama Dwi Aryandi, 2014)

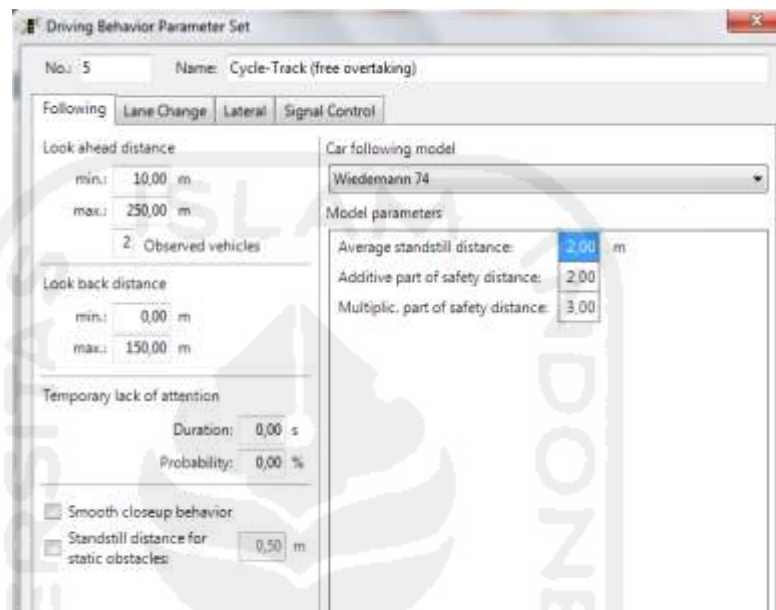


**Gambar 3.17** *Vehicle Class*

(Sumber: Rama Dwi Aryandi, 2014)

- f. *Driving behaviour*, adalah parameter yang secara langsung mempengaruhi interaksi antar kendaraan sehingga bisa menyebabkan perbedaan yang substansial pada hasil simulasi lalu lintas. *Driving*

*behaviour* dihubungkan pada tiap lajur oleh jenis perilakunya. Untuk setiap kelas kendaraan, *driving behaviour* yang berbeda dapat diterapkan bahkan dalam lajur yang sama. Penentuan *Driving Behaviour* untuk tiap *links* (lajur), bisa dilihat pada Gambar 3.19 di bawah ini, beserta parameter-parameter yang dapat disesuaikan.



**Gambar 3.18** *Driving Behaviour*

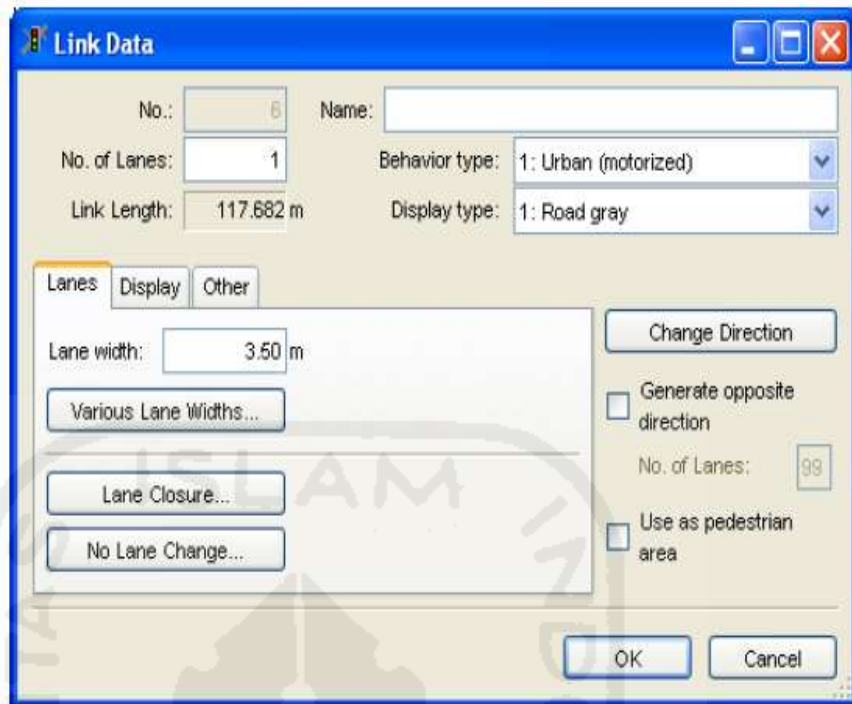
(Sumber: Rama Dwi Aryandi, 2014)

- g. *Signal control*, adalah cara yang digunakan untuk memodelkan satu siklus lampu lalu lintas di lapangan.

## 2. *Traffic Network*

Elemen dasar dari jaringan lalu lintas dalam VISSIM adalah sebuah penghubung atau *links* yang merepresentasikan satu atau lebih segmen lajur jalan dengan arah arus yang spesifik. Sebuah jaringan bisa dibuat dengan menghubungkan antar *links* dengan *connectors*. Hanya *links* yang dihubungkan dengan *connectors* yang diperbolehkan untuk melanjutkan lalu lintas.

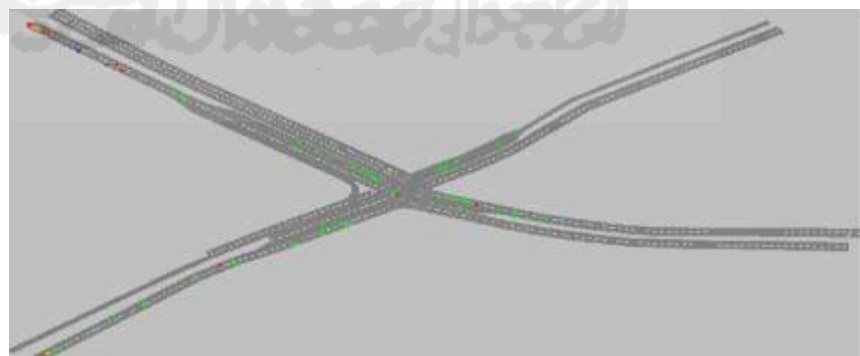
- a. *Links*, adalah input geometrik jaringan jalan, seperti lebar jalan dan jumlah lajur. Tampilan menu *Links* pada VISSIM disajikan pada Gambar 3.20 dan 3.21 di bawah ini.



**Gambar 3.19** Menu *Links*

(Sumber: Rama Dwi Aryandi, 2014)

Gambar di atas menunjukkan menu *links*, dimana pada saat sudah selesai membuat *links* dan ingin merubah data terkait *links* tersebut, bisa dilakukan dengan meng-klik kanan pada *links* tersebut hingga muncul menu di atas, selanjutnya bisa dilakukan pengaturan berupa nomor *links*, nama *links*, panjang *links*, perilaku berkendara pada *links* tersebut, jenis perkerasan jalan dan geometri dari *links* tersebut.



**Gambar 3.20**Contoh *Links*

(Sumber: Rama Dwi Aryandi, 2014)



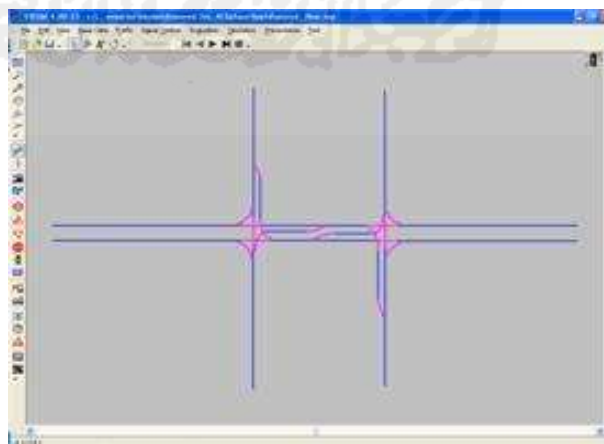
- b. *Connectors*, adalah input geometrik jalan yang mempunyai fungsi menghubungkan antar *links*. Tampilan menu *connectors* pada *VISSIM*, dapat dilihat pada Gambar 3.22 di bawah ini. Pada menu tersebut dapat dilakukan pengaturan terhadap beberapa data penting pada *connectors*, antara lain perilaku pengemudi, permukaan *connectors*, lajur-lajur yang dihubungkan, titik pada lajur yang dihubungkan, perubahan lajur, dan lain-lain.



**Gambar 3.21** Menu *Connectors*

(Sumber: Rama Dwi Aryandi, 2014)

Pada Gambar 3.23 di bawah ini, dapat dilihat *connectors* yang telah menghubungkan antar *links*. *Connectors* adalah garis yang berwarna merah jambu.



**Gambar 3.22** *Connectors*

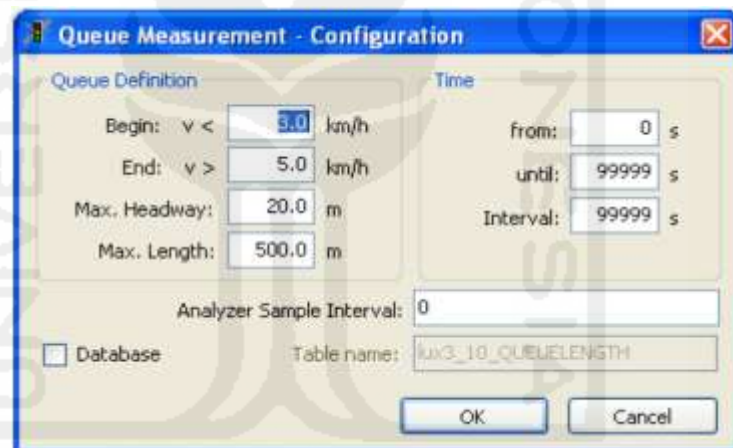
(Sumber: Rama Dwi Aryandi, 2014)

- c. *Background and scaling*, pengaturan background pada simulasi dengan mengambil gambar lokasi penelitian dari *google earth*, di-edit dengan *microsoft paint*, lalu diinput pada *software VISSIM*.

### 3. Evaluation

Elemen dasar dari jaringan lalu lintas dalam *VISSIM* adalah sebuah penghubung atau *links* yang merepresentasikan satu atau lebih segmen lajur jalan dengan arah arus yang spesifik. Sebuah jaringan bisa dibuat dengan menghubungkan antar *links* dengan *connectors*. Hanya *links* yang dihubungkan dengan *connectors* yang diperbolehkan untuk melanjutkan lalu lintas.

- a. *Queue counter*, penetapan titik dimana saat kendaraan berhenti, panjang antrian mulai dihitung. Menu dan data yang bisa diisi pada *queue counter* dapat dilihat pada Gambar 3.24 dan Gambar 3.25 dibawah ini.



**Gambar 3.23** *Queue Measurement*

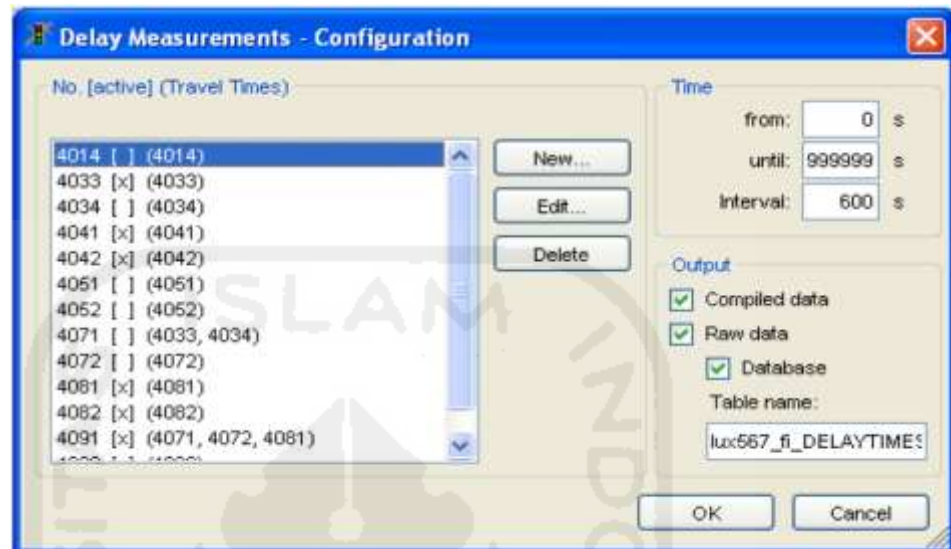
(Sumber: Rama Dwi Aryandi, 2014)

Queue Results / Queue Counters							
Select layout...		Queue counter					
Count	SimRun	TimeInt	QueueCounter	QLen	QLenMax	QStops	TimeInt
▶ 1	1	0-3600	1	14.06	72.55	27	0-3600

**Gambar 3.24** *Queue Counter*

(Sumber: Rama Dwi Aryandi, 2014)

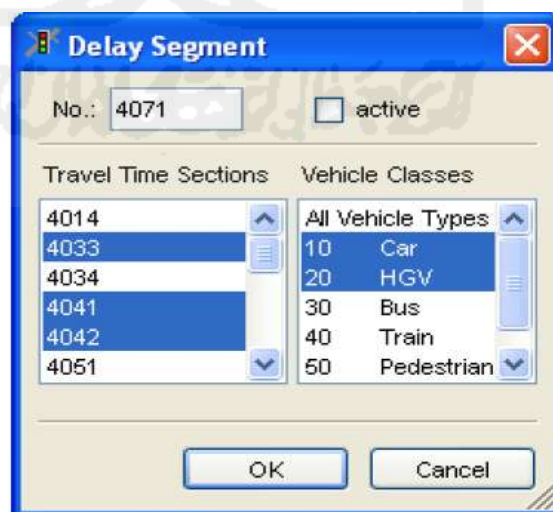
- b. *Delay*, penghitungan tundaan yang dialami kendaraan sesuai dengan rute yang telah ditentukan. Untuk lebih jelasnya, akan ditampilkan menu *delay* pada VISSIM pada Gambar 3.26 dan Gambar 3.27 di bawah ini.



**Gambar 3.25** *Delay Measurements*

(Sumber: Rama Dwi Aryandi, 2014)

Gambar di atas menunjukkan *travel times* yang telah ditentukan sebelumnya, dan untuk mengaktifkan *travel times* yang diinginkan tinggal meng-klik pada kurung *travel times* yang diinginkan. Pada menu ini, juga bisa dilakukan *edit* atau penambahan *travel times* baru.



**Gambar 3.26** *Delay Segment*

(Sumber: Rama Dwi Aryandi, 2014)

Gambar di atas memperlihatkan *travel times* yang telah dipilih dan diaktifkan, serta jenis kendaraan mana yang ingin dihitung tundaannya.

#### 4. Wiedemann Approach

Wiedemann approach adalah *car following model* pada *softwareVISSIM*. Dengan pendekatan ini, maka perilaku kendaraan di lapangan dapat dibuat lebih mirip dengan perilaku kendaraan pada *softwareVISSIM*. Selain itu, pendekatan ini juga dapat mengkalibrasi panjang antrian di *softwareVISSIM* jika perbedaan dengan keadaan di lapangan terlalu jauh. Ide dasar dari pendekatan ini adalah dengan mengasumsikan pengendara termasuk salah satu dari 4 model pengendara berikut ini:

- a. *Free driving*, pada mode ini *observer* mencoba mencapai kecepatan yang diinginkan oleh dirinya sendiri dan mempertahankannya. Dalam keadaan sebenarnya, kecepatan *free driving* tidak dapat diatur agar tetap konstan, tetapi naik turun karena ketidaksempurnaan dalam memijak pedal gas.
- b. *Approaching*, proses adaptasi kecepatan *observer* sendiri ke kecepatan yang lebih rendah karena kendaraan di depannya. Saat melakukan *approaching*, *observer* menurunkan kecepatannya sehingga perbedaan kecepatan antar dua kendaraan akan menjadi nol saat ia mencapai jarak aman yang diinginkannya.
- c. *Following*, keadaan dimana *observer* mengikuti kendaraan di depannya tanpa adanya penurunan atau peningkatan kecepatan. Ia mempertahankan jarak aman dengan kendaraan di depannya agar tetap konstan, tetapi sekali lagi karena ketidaksempurnaan dalam kontrol gas, perbedaan kecepatan antar kedua kendaraan akan naik turun di sekitar nol.
- d. *Braking*, aplikasi dari penurunan kecepatan medium hingga tinggi ketika jarak antar dua kendaraan lebih pendek dari jarak aman yang diinginkan. Hal ini terjadi ketika kendaraan di depan *observer* menurunkan kecepatan secara kasar, atau jika ada mobil ketiga yang masuk ke jalur di depan *observer*.

Dalam Wiedeman Approach, ada 3 model *car following model*, yaitu:

- a. Wiedeman 74, model yang utamanya untuk lalu lintas perkotaan. Parameter yang tersedia dalam pendekatan ini adalah *average standstill*

*distance* ( $ax$ ), yaitu jarak rerata yang diinginkan antar kendaraan berhenti, dengan variasi - 1,0 m sampai +1,0 m, terdistribusi normal sekitar 0,0 m dengan standar deviasi 0,3. Lalu *additive part of desired safety distance* ( $bx\_add$ ) and *multiplie* ( $bx\_mult$ ), yaitu bagian dari jarak aman yang diinginkan yang mempengaruhi perhitungan dari jarak aman. Jarak ( $d$ ) antar dua kendaraan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$d = ax + bx \quad (3.33)$$

Keterangan :

$ax$  = *average standstill distance*

$bx$  =  $(bx\_add + bx\_mult * z) * \sqrt{v}$

$v$  = *vehicle speed*

$z$  = *value of range (0,1)* yang terdistribusi normal sekitar 0,5 dengan standar deviasi 0,15

- b. Wiedemann 99, model yang utamanya cocok untuk lalu lintas antar kota. Pada pendekatan ini, parameter yang tersedia lebih banyak, yaitu CC0 (*Standstill distance*) yaitu jarak aman yang diinginkan antar dua kendaraan yang berhenti. CC0 tidak memiliki variasi. CC1 (*Headway time*) adalah waktu (dalam detik) seorang pengendara ingin jaga. Semakin tinggi nilainya, semakin waspada pengendara tersebut, dengan begitu, pada kecepatan  $v$  [m/s], jarak aman  $dx\_safe$  dihitung dengan:

$$dx\_safe = CC0 + CC1 * v \quad (3.34)$$

Pada model ini, jarak aman adalah jarak minimum yang ingin dijaga oleh seorang pengendara saat mengikuti kendaraan lainnya. Dalam lalu lintas dengan volume besar, parameter ini adalah yang paling berpengaruh terhadap kapasitas.

CC2 (*'Following' variation*) membatasi gerak longitudinal atau seberapa besar jarak dari jarak aman yang diinginkan yang diizinkan untuk pengendara sebelum pengendara tersebut mulai mendekati kendaraan di depannya. Jika semisalnya nilainya ditetapkan 10 m, proses

following selanjutnya dihasilkan pada jarak antara  $dx_{safe}$  dan  $dx_{safe} + 10$  m. nilai anggapan pada tahap ini adalah 4 m, yang mana menghasilkan proses *following* yang stabil.

CC3 (*Threshold for entering 'Following'*), mengatur permulaan proses deselerasi, yaitu saat pengendara menyadari kendaraan di depannya lebih lambat. Dalam kata lain, ini menjelaskan berapa detik sebelum mencapai jarak aman, pengendara mulai melakukan deselerasi.

CC4 and CC5 (*'Following' thresholds*), mengatur perbedaan kecepatan selama keadaan *following*. Nilai yang lebih kecil menyebabkan pengendara lebih sensitif dalam melakukan akselerasi atau deselerasi terhadap kendaraan di depannya, misal saat kendaraan dalam keadaan cukup mepet. CC4 digunakan untuk negatif dan CC5 untuk perbedaan kecepatan positif. Nilai anggapan menghasilkan pembatasan yang cukup ketat dalam proses *following*.

CC6 (*Speed dependency of oscillation*), yaitu pengaruh dari jarak terhadap kecepatan dalam bergerak-gerak selama proses *following*. Jika diatur padaangka 0, kecepatan bergerak tidak terpengaruh jarak dengan kendaraan di depannya. Nilai yang semakin besar mengarahkan pada kecepatan bergerak- gerak yang semakin besar dengan jarak yang semakin meningkat.

CC7 (*Oscillation acceleration*), yaitu akselerasi yang sebenarnya selama kendaraan dalam proses bergerak-gerak.

CC8 (*Standstill acceleration*), yaitu akselerasi yang diinginkan mulai dari saat diam (dibatasi oleh akselerasi maksimum dalam kurva akselerasi).

CC9 (*Acceleration at 80 km/h*), akselerasi yang diinginkan saat kecepatan 80 km/jam (dibatasi oleh akselerasi maksimum dalam kurva akselerasi).

- c. *No interaction*, kendaraan tidak mengenali keberadaan kendaraan lain (bisa dipakai untuk menyederhanakan perilaku pejalan kaki).

Dalam penelitian ini, pendekatan yang digunakan adalah Wiedemann 74, karena sesuai dengan kondisi di lapangan dalam penelitian ini yaitu untuk daerah lalu lintas perkotaan.

### 3.23 PREDIKSI PERTUMBUHAN LALU LINTAS

Untuk menghitung pertumbuhan arus lalu lintas yang terjadi pada 5 tahun mendatang, digunakan regresi linier yang menggunakan data masukan berupa data jumlah penduduk dan data jumlah kepemilikan kendaraan bermotor. Analisis pertumbuhan lalu lintas ini digunakan sebagai pedoman pengarahannya karena prediksi ini bukanlah suatu ramalan yang mutlak tepat. (Ardhiarini, 2008)

Analisis regresi linier dengan data masukan berupa data jumlah penduduk dan data jumlah kepemilikan kendaraan bermotor akan menghasilkan angka pertumbuhan tiap tahunnya. Selanjutnya dapat digunakan untuk memprediksi arus lalu lintas pada tahun berikutnya.

Untuk dapat menentukan angka pertumbuhan dilakukan perhitungan dengan persamaan (3.33), untuk mendapatkan angka pertumbuhan rata – rata menggunakan persamaan (3. 34). Selanjutnya, untuk menentukan prediksi pertumbuhan lalu lintas di tahun mendatang dilakukan perhitungan dengan persamaan (3.35 ) sebagai berikut.

$$i_n = \frac{P_0 - P_n}{P_n} \quad (3.35)$$

$$i = \frac{I_1 + I_2 + I_N}{n} \quad (3.36)$$

$$P_n = P_0(1 + i)^n \quad (3.37)$$

Keterangan :

$i$  = Pertumbuhan variabel rata – rata

$P_n$  = Jumlah variabel pada tahun ke - n

$P_0$  = Jumlah variabel pada tahun dasar rata – rata

$N$  = Jumlah tahun yang dihitung

$n$  = Tahun ke - n