

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 PERSIMPANGAN**

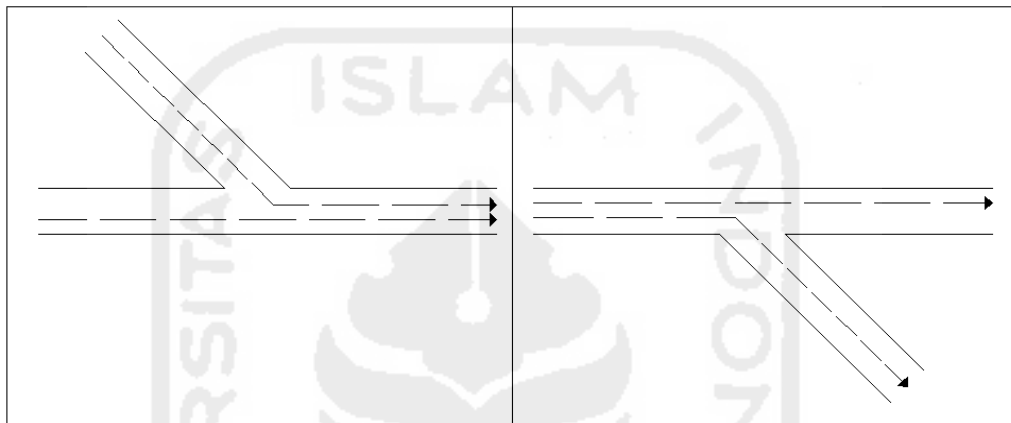
Menurut PP No. 43 Tahun 1993, persimpangan adalah pertemuan atau percabangan jalan, baik sebidang maupun tidak sebidang. Dengan kata lain persimpangan dapat diartikan sebagai dua jalur atau lebih ruas jalan yang berpotongan, dan termasuk didalamnya fasilitas jalur jalan dan tepi jalan. Sedangkan setiap jalan yang memencar dan merupakan bagian dari persimpangan tersebut dikatakan dengan lengan persimpangan. Berdasarkan perencanaannya persimpangan dibedakan menjadi 2 jenis Harianto (2004), yaitu:

1. Persimpangan Jalan Sebidang. Persimpangan sebidang adalah pertemuan dua ruas jalan atau lebih secara sebidang tidak saling bersusun. Pertemuan ini direncanakan sedemikian dengan tujuan untuk melewati lalu lintas dengan lancar serta mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan sebagai akibat dari titik konflik yang timbul untuk memberikan kemudahan, kenyamanan dan ketenangan terhadap pemakai jalan yang melalui persimpangan.
2. Persimpangan Jalan tak sebidang. Persimpangan tak sebidang adalah persimpangan dimana dua ruas jalan atau lebih saling bertemu tidak dalam satu bidang, tetapi salah satu ruas berada diatas atau dibawah ruas yang lain

Persimpangan jalan dapat didefinisikan sebagai daerah umum dimana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan fasilitas di dalamnya (AASHTO, 2001). Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan bergerak secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya. Oleh karena persimpangan dipergunakan setiap orang, maka persimpangan tersebut harus dirancang dengan hati-hati, dengan mempertimbangkan efisiensi, keselamatan, kecepatan, biaya operasi, dan kapasitas. Pergerakan lalu-lintas yang terjadi dan urutan-urutannya dapat ditangani dengan berbagai cara, tergantung pada jenis persimpangan yang dibutuhkan. Menurut Khisty (2003), persimpangan dibuat

dengan tujuan untuk mengurangi potensi konflik diantara kendaraan (termasuk pejalan kaki) dan sekaligus menyediakan kenyamanan maksimum dan kemudahan pergerakan bagi kendaraan.

Sedangkan menurut Hobbs (1995), persimpangan jalan merupakan simpul transportasi yang terbentuk dari beberapa pendekatan dimana arus kendaraan dari beberapa pendekatan tersebut bertemu dan memencar meninggalkan persimpangan.



Gambar 3.1 Arus Kendaraan Bergabung dan Berpencar

(Sumber : Hobbs, 1995)

Lintasan kendaraan pada simpang akan menimbulkan titik konflik yang berdasarkan alih gerak kendaraan terdapat 4 (empat) jenis dasar titik konflik yaitu berpencar (*diverging*), bergabung (*merging*), berpotongan (*crossing*), dan berjalan (*weaving*).

### 3.1.1 Persinggungan Pada Simpang

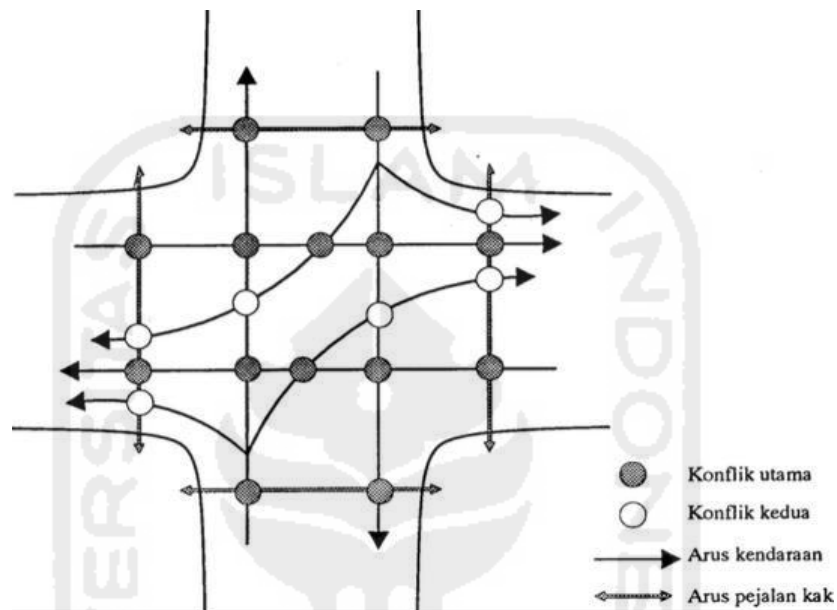
Lintasan kendaraan pada simpang akan menimbulkan titik konflik yang berdasarkan alih gerak kendaraan terdapat 4 (empat) jenis dasar titik konflik seperti berikut.

1. Berpencar (*diverging*)
2. Bergabung (*merging*)
3. Bersilangan (*weaving*)
4. Berpotongan (*crossing*)

Jumlah potensial titik konflik pada simpang tergantung dari jumlah arah gerakan, jumlah lengan simpang, jumlah lajur dari setiap lengan simpang dan

pengaturan simpang. Pada titik konflik tersebut berpotensi terjadinya kecelakaan dan kemacetan lalu lintas.

Pada simpang empat lengan, titik-titik konflik yang terjadi terdiri dari 16 titik *crossing*, 8 titik *diverging*, dan 8 titik *merging* seperti ditunjukkan Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Titik Konflik Pada Simpang Empat Lengan

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

### 3.1.2 Arus dan Komposisi Lalu Lintas

Nilai dari arus lalu lintas ( $Q$ ) merupakan hasil arus dalam satuan satuan mobil penumpang. Arus tersebut dikonversikan dari kendaraan per jam setiap lengan dengan nilai ekivalensi mobil penumpang sesuai dengan pendekatnya dan setiap gerakannya (belok kiri  $Q_{LT}$ , Lurus  $Q_{ST}$ , dan Belok Kanan  $Q_{RT}$ ) sesuai dengan syarat dari MKJI 1997. Pendekat terbagi dua, yaitu terlindung dan terlawan. Nilai emp dari masing pendekat dapat dilihat di Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Ekuivalensi Mobil Penumpang untuk Kondisi Terlindung dan Terlawan

| 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)

### 3.1.2.1 Arus Jenuh Lalu Lintas

Besarnya keberangkatan antrian didalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan (smp/jam hijau). Dalam menghitung arus jenuh menurut metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (Ditjen Bina Marga, 1997) ada dua cara, sebagai berikut.

1. Menentukan arus jenuh dasar ( $S_o$ ) untuk setiap pendekat.

Untuk pendekat tipe P (arus terlindung) digunakan Persamaan 3.1 berikut.

$$S_o = (780 \text{ atau } 600) \times W_e \text{ (smp/jam hijau)} \quad (3.1)$$

Keterangan :

$S_o$  = arus jenuh dasar (smp/jam hijau)

$W_e$  = lebar efektif (m)

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

Tabel 3.2 Perbandingan Rumus Arus Jenuh Dasar

| No | Sumber         | Arus Jenuh Dasar (smp/jam) |
|----|----------------|----------------------------|
| 1  | MKJI (1997)    | $600 \times W_e$           |
| 2  | Widodo (1997)  | $775 \times W_e$           |
| 3  | Sari (2005)    | $709-840 \times W_e$       |
| 4  | Munawar (2005) | $850 \times W_e^{0,95}$    |

2. Menghitung nilai arus jenuh  $S$  yang disesuaikan dengan Persamaan 3.2.

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \text{ (smp/jam hijau)} \quad (3.2)$$

Keterangan :

- $S$  = Arus Jenuh yang disesuaikan (smp/jam hijau)  
 $S_0$  = Arus jenuh dasar (smp/jam hijau)  
 $F_{CS}$  = Faktor penyesuaian ukuran kota  
 $F_{SF}$  = Faktor penyesuaian untuk hambatan samping  
 $F_G$  = Faktor penyesuaian untuk kelandaian  
 $F_P$  = Faktor penyesuaian parkir  
 $F_{RT}$  = Faktor penyesuaian belok kanan  
 $F_{LT}$  = Faktor penyesuaian belok kiri

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (1997)

Dalam penentuan faktor penyesuaian ukuran kota digunakan Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.3 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota ( $F_{CS}$ )

| Penduduk kota<br>(Juta Jiwa) | Faktor penyesuaian ukuran kota<br>( $F_{CS}$ ) |
|------------------------------|--|
| >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 Jendral Bina Marga (1997)

Sedangkan untuk menentukan faktor hambatan samping perlu diketahui dulu kelas dari hambatan samping tersebut. Berikut data hambatan samping berdasarkan jumlah bobot kejadian dan kondisi wilayah tempat kejadian pada Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.4 Faktor Hambatan Samping

| Kelas hambatan samping (SFC) | Kode | Jumlah bobot kejadian per 200m/jam | Kondisi khusus                                 |
|------------------------------|------|------------------------------------|--|
| Sangat rendah                | VL   | <100                               | Daerah pemukiman, jalan samping tersedia.      |
| Rendah                       | L    | 100-299                            | Daerah pemukiman, beberapa angkutan umum, dsb. |
| Sedang                       | M    | 300-499                            | Daerah industri, beberapa toko sisi jalan.     |
| Tinggi                       | H    | 500-899                            | Daerah komersial, aktivitas sisi jalan tinggi. |
| Sangat tinggi                | VH   | >900                               | Daerah komersial, aktivitas pasar sisi jalan   |

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

Untuk menentukan besarnya faktor penyesuaian digunakan tipe lingkungan jalan, hambatan samping, dan kendaraan tak bermotor seperti pada Tabel 3.5 dan untuk penjelasan tentang lingkungan jalan dapat dilihat pada Tabel 3.6.

### 3. Waktu siklus dan waktu hijau

c-1 Waktu siklus sebelum penyesuaian digunakan Persamaan 3.3

$$C_{ua} = (1,5 \times LTI + 5) / (1-FR) \text{ (detik)} \quad (3.3)$$

Keterangan :

$C_{ua}$  = waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (detik)

LTI = waktu hilang total per siklus (detik)

IFR = rasio arus persimpangan

c-2 Waktu hijau ( $g_i$ ) untuk masing-masing fase digunakan Persamaan 3.4

$$g_i = (C_{ua} - LTI) \times Pri \text{ (detik)} \quad (3.4)$$

Keterangan :

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

$C_{ua}$  = waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (detik)

LTI = waktu hilang total per siklus (detik)

Pri = rasio frase

c-3 Waktu siklus yang disesuaikan (c) dapat dicari dengan Persamaan 3.5

$$c = \sum g + LTI \text{ (detik)} \quad (3.5)$$

Keterangan :

$\sum g$  = jumlah total waktu hijau (detik)

LTI = waktu hilang total per siklus (detik)

Untuk mengetahui faktor faktor dalam perhitungan Manual Kapasitas Jalan Indonesia bisa dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3.5 Faktor Penyesuaian untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan tak Bermotor ( $F_{SF}$ )

| 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  |
|                     |                              | 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/<br>Sedang/<br>Rendah | Terlawan   | 1,00                         | 0,95 | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,75  |
|                     |                              | terlindung | 1,00                         | 0,98 | 0,95 | 0,93 | 0,90 | 0,88  |

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

Tabel 3.6 Tipe Lingkungan Jalan

|                |   |
|----------------|---|
| Komersial      | Tata guna lahan komersial (misalnya perkantoran rumah makan, perkotaan dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan) |
| Pemukiman      | Tata guna lahan tempat tinggal dan jalan masuk  |
| Akses Terbatas | Tempat jalan masuk atau jalan masuk langsung terbatas (misalnya karena adanya penghalang fisik, jalan samping dan sebagainya)       |

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)



### 3.2 SINYAL LALU LINTAS

Menurut Bina Marga (1997) penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna yaitu hijau, kuning, dan merah diterapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu. Hal ini kebutuhan yang mutlak bagi gerakan-gerakan lalu lintas yang datang dari jalan-jalan yang saling berpotongan yang merupakan 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 yang merupakan konflik-konflik kedua.

Persentase kepadatan pada tiap-tiap jalur juga dipengaruhi dari persimpangan sebelumnya yang terhubung pada tiap-tiap jalur secara simulasi. Sistem ini dapat bekerja menentukan lama penyalaan lampu hijau dengan persentase keberhasilan sebesar 100%..

Oglesby (1999) menyebutkan bahwa setiap pemasangan lampu lalu lintas bertujuan untuk memenuhi satu atau lebih fungsi-fungsi yang tersebut di bawah ini:

1. Mendapatkan gerakan lalu lintas yang teratur.
2. Meningkatkan kapasitas lalu lintas pada perempatan jalan.
3. Mengurangi frekuensi jenis kecelakaan tertentu.
4. Mengkoordinasikan lalu lintas di bawah kondisi jarak sinyal yang cukup baik, sehingga aliran lalu lintas tetap berjalan menerus pada kecepatan tertentu.
5. Memutuskan arus lalu lintas tinggi agar memungkinkan adanya penyeberangan kendaraan lain atau pejalan kaki.
6. Mengatur penggunaan jalur lalu lintas.
7. Sebagai pengendali *ramp* pada jalan masuk menuju jalan bebas hambatan (*entrancefreeway*).
8. Memutuskan arus lalu lintas bagi lewatnya kendaraan darurat (*ambulance*).

Oglesby (1999) juga menyebutkan bahwa terdapat hal-hal yang kurang menguntungkan dari lampu lalu lintas, antara lain adalah:

1. Kehilangan waktu yang berlebihan pada pengemudi atau pejalan kaki.
2. Pelanggaran terhadap indikasi sinyal umumnya sama seperti pada pemasangan khusus.

3. Pengalihan lalu lintas pada rute yang kurang menguntungkan.
4. Meningkatkan frekuensi kecelakaan, terutama tumbukan bagian belakang kendaraan dengan pejalan kaki.

### 3.2.1 Pengaturan Sinyal Lalu Lintas

Menurut Munawar (2004), 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 pada persimpangan jalan meliputi beberapa hal sebagai berikut.

1. Optimalisasi lampu lalu lintas, berupa pengaturan *cycle time* (waktu siklus), waktu hijau atau merah dari lampu lalu lintas serta jumlah fase.
2. Pemasangan atau pemindahan lampu lalu lintas, dengan memasang lampu lalu lintas di tempat-tempat dengan arus lalu lintas yang tinggi.
3. Prioritas kepada bus kota pada persimpangan dengan lampu lalu lintas, yakni berupa pemasangan antena pemancar pada bus kota, sehingga jika bus kota tersebut mendekati lampu lalu lintas, lampu akan selalu hijau.
4. Koordinasi lampu lalu lintas, berupa koordinasi antara lampu-lampu lalu lintas, sehingga sebagian kendaraan akan dapat melewati beberapa lampu lalu lintas tanpa berhenti.

Sedangkan sistem pengontrolan pada jalan masuk atau keluar dari persimpangan adalah sebagai berikut.

1. Jalan satu arah : jalan hanya diperbolehkan untuk arus lalu lintas satu arah saja, arah yang sebaliknya menggunakan jalan yang paralel di dekatnya.
2. Ke kiri boleh terus pada lampu merah : pada persimpangan dibuat jalur khusus untuk ke kiri yang terpisah, sehingga arus lalu lintas yang ke kiri dapat berbelok tanpa mengganggu arus lalu lintas yang menerus maupun yang ke kanan.
3. Larangan belok : untuk mengurangi konflik yang mungkin terjadi dengan arus lalu lintas dari arah yang lain, kendaraan tidak boleh belok. Akan tetapi, harus ada jalan alternatif bagi kendaraan yang menuju ke kanan atau ke kiri.
4. Jalan hanya khusus untuk penduduk di daerah tersebut : ini biasa dilakukan di jalan-jalan pada daerah pemukiman yang padat.

Menurut Alamsyah (2008), pengaturan waktu lalu lintas umumnya didasarkan pada kriteria untuk meminimumkan tundaan kendaraan rata-rata atau kombinasi dari tundaan dan jumlah dari *stop*. Faktor berikutnya yang penting adalah sehubungan dengan konsumsi energi, polusi suara dan udara serta keselamatan lalu lintas dalam memenuhi kapasitas antrian harus seluruhnya disalurkan sebelum akhir dari hijau. Tipe pengaturan waktu sinyal dibagi menjadi 3 tipe, yaitu :

1. Pretime Controller

Sistem ini disebut juga sebagai sistem dengan pengaturan waktu tetap (fixed time controller) karena pada sistem ini, lama waktu siklus, phase, waktu hijau, merah, dan lainnya disetel secara tetap sepanjang hari. Cara seperti ini sangat baik dipasang pada simpang dengan pola lalu lintas yang stabil, ataupun jika terjadi variasi arus lalu lintas maka variasi itu masih dalam koridor yang bisa diakomodasi oleh sistem, ini tanpa terjadi tundaan atau kemacetan yang berarti.

2. Semiactuated Controller,

Pada sistem ini didisain agar lampu hijau pada jalan utama selalu menyala sepanjang hari. Lampu hijau akan berubah menjadi merah manakala detektor pada jalan minor menangkap sinyal akan adanya kendaraan yang hendak memasuki simpang. Pengoperasian ini adalah bahwa: panjang waktu siklus dan hijau bervariasi dari siklus satu ke siklus berikutnya sesuai dengan arus demand

3. Fully Actuated Controller

Berbeda dengan sistem semiactuated controller yang detektor hanya dipasang pada jalan minor, maka pada sistem ini seluruh kaki simpang dipasang detektor. Sistem ini dipakai jika arus kendaraan sangat bervariasi sepanjang hari dan disukai karena bersifat responsif terhadap kebutuhan atau kondisi lalu-lintas. Sama dengan sistem semiactuated, panjang waktu siklus dan hijau bervariasi dari siklus satu ke siklus berikutnya sesuai dengan arus demand. Secara umum waktu hijau maksimum dan minimum diberikan pada tiap phase.

Detektor biasanya diletakkan di bawah permukaan jalan namun kadang-kadang diletakkan pada tiang lampu sinyal. Jenis-jenis yang biasa dipergunakan adalah : inductive loop detector (kumparan induktif), magnetometer, dan microwave detector (detektor gelombang mikro).

Sejauh ini inductive loop detector yang lebih umum dipakai. Prinsip kerja dari sistem ini adalah: suatu kumparan dari kawat metal ditanam pada perkerasan kemudian ditutup dengan pengisi epoxy. Setiap ada kendaraan yang lewat dia atas detektor, berat metal akan merubah induksi kumparan dan secara otomatis akan menghitung jumlah kendaraan.

Persimpangan Pingit sendiri sudah mengadopsi sistem ATCS (Automatic Traffic Light Control System) yang dapat bekerja menentukan lama penyalan lampu hijau secara otomatis berdasarkan distribusi kepadatan. Sistem ini mengontrol lampu Lalu Lintas otomatis dengan menggunakan kamera berbasis mikrokontroller. Kamera digunakan sebagai pengamat kepadatan kendaraan pada suatu persimpangan. Hasil pengamatan diolah PC sehingga diperoleh persentase kepadatan pada tiap-tiap jalur.

Mikrokontroller bekerja menyalakan lampu lalu lintas secara *default* kontrol yaitu searah dengan arah jarum jam. Jika PC terkoneksi dengan mikrokontroller maka mikrokontroller mengirimkan informasi jalur mana yang lampu hijaunya akan menyala. Kemudian PC mengolah gambar persimpangan dan menentukan besarnya persentase kepadatan serta lama penyalan lampu hijau untuk jalur yang telah ditentukan. Apabila tidak ada koneksi antara PC dan mikrokontroller maka lama penyalan lampu hijau adalah 6 detik.

### **3.3 SIMPANG BERSINYAL**

Menurut Bina Marga (1997) penggunaan sinyal pada suatu persimpangan diharapkan dapat mendistribusikan kapasitas ke berbagai pendekat melalui pengalokasian waktu hijau pada masing-masing pendekat. Sinyal lalu lintas merupakan suatu metode yang paling penting dan efektif untuk mengatur lalu lintas di persimpangan yang memiliki volume lalu lintas pada kaki simpang yang relatif

tinggi. Simpang dengan sinyal lalu lintas dapat mengurangi atau menghilangkan titik konflik pada simpang dengan memisahkan pergerakan arus lalu lintas pada waktu yang berbeda-beda.

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 pejalan kaki dari simpang (kecil) untuk memotong jalan utama.
3. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang berlawanan.

Menurut Munawar (2004), pada saat arus lalu lintas sudah mulai meninggi, maka lampu lalu lintas sudah harus dipasang. Ukuran meningginya arus lalu lintas yaitu dari waktu tunggu rata-rata kendaraan pada saat melintasi simpang. Jika waktu tunggu rata-rata tanpa lampu lalu lintas sudah lebih besar dari waktu tunggu rata-rata dengan lampu lalu lintas, maka perlu dipasang lampu lalu lintas.

Persimpangan yang diatur dengan alat pemberi isyarat lalu lintas atau lampu lalu lintas adalah persimpangan yang umum digunakan di negara-negara manapun di dunia. Persimpangan bersinyal digunakan untuk persimpangan yang memiliki volume lalu lintas kendaraan yang sedang dan mendekati padat atau jenuh. Dalam beberapa kasus kota-kota di Indonesia simpang bersinyal sering menjadi titik kemacetan pada ruas jalan. Hal ini terjadi karena tingginya volume lalu lintas yang tidak seimbang dengan kapasitas simpang sehingga menyebabkan waktu tunggu kendaraan menjadi tinggi.

Beberapa definisi umum yang perlu diketahui dalam kaitannya dengan permasalahan simpang bersinyal menurut Bina Marga (1997), diantaranya adalah:

1. Kapasitas (*capacity*) adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu (kendaraan/jam atau smp/jam).

2. Tundaan (*delay*) adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa melalui simpang (detik).
3. Panjang antrian (*queue length*) adalah panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat (meter).
4. Antrian (*queue*) adalah jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekat (kendaraan/smp).
5. Waktu siklus (*cycle time*) adalah waktu urutan lengkap dari indikasi sinyal (detik).
6. Waktu hijau (*green time*) adalah waktu nyala lampu hijau dalam suatu pendekat (detik).
7. Rasio hijau (*green ratio*) adalah perbandingan waktu hijau dengan waktu siklus dalam suatu pendekat.
8. Waktu merah semua (*all red*) adalah waktu sinyal merah menyala secara bersamaan pada semua pendekat yang dilayani oleh dua fase sinyal yang beruntun (detik).
9. Waktu antar hijau (*inter green time*) adalah jumlah antara periode kuning dengan waktu merah antara dua fase sinyal yang beruntun (detik).
10. Waktu hilang (*lost time*) adalah jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap atau beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau dalam semua fase yang beruntun (detik).
11. Derajat kejenuhan (*degree of saturation*) adalah rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat.
12. Arus jenuh (*saturation flow*) adalah besarnya keberangkatan antrian di dalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan (smp/hijau).
13. *Oversaturated* adalah suatu kondisi pada saat volume kendaraan yang melewati suatu pendekat melebihi kapasitasnya.
14. Iringan (*platoon*) adalah kondisi lalu lintas bila kendaraan bergerak dalam antrian atau peleton dengan kecepatan yang sama karena tertahan oleh kendaraan yang didepan (pemimpin peleton).

### 3.3.1 Ukuran Efektivitas Simpang Bersinyal

Persimpangan merupakan poin penting dalam sebuah sistem jalan raya. Untuk menggambarkan beberapa ukuran dalam mengevaluasi efektivitas simpang bersinyal, perlu adanya aspek-aspek untuk menghitungnya. Langkah-langkah paling umum adalah menghitung rata-rata tundaan per kendaraan, rata-rata panjang antrian, waktu sinyal dan jumlah berhenti.

Menurut Troutbeck dan Brilon (2002), *delay* adalah ukuran yang paling langsung berhubungan dengan pengalaman pengemudi yang dirasakan dari kelebihan waktu konsumsi dalam melintasi persimpangan. Panjang antrian adalah ukuran yang berguna dan sangat penting dalam menentukan kapan persimpangan akan mulai menghambat kendaraan yang melaju. Jumlah berhenti adalah parameter input penting, terutama dalam pemodelan persimpangan.

#### 3.3.1.1 Kapasitas Persimpangan

Untuk menghitung kapasitas masing-masing pendekatan dapat dicari dengan Persamaan 3.6 berikut ini.

$$C = S \times g/c \quad (3.6)$$

Keterangan:

C = kapasitas (smp/jam)

S = arus jenuh (smp/jam)

g = waktu hijau (detik)

c = waktu siklus (detik)

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

#### 3.3.1.2 Derajat Kejenuhan

Derajat Kejenuhan (DS) adalah rasio volume arus lalu lintas (smp/jam) dengan kapasitas (smp/jam) pada bagian jalan tertentu, biasanya dihitung dalam per jam. Untuk menentukan besarnya derajat kejenuhan digunakan Persamaan 3.7 berikut ini.

$$DS = Q / C \quad (3.7)$$

Keterangan :

DS = derajat kejenuhan (per jam)

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

### 3.3.1.3 Panjang Antrian

Untuk menghitung jumlah antrian dalam satu antrian smp (NQ1) adalah sebagai berikut.

1. Untuk  $DS > 0,85$  digunakan Persamaan 3.8 berikut.

$$NQ1 = 0,25 \times C \times [(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1) + ((8 \times (DS - 0,5))/C)}] \quad (3.8)$$

2. Jika  $DS \leq 0,85$  maka :  $NQ1 = 0$

Keterangan:

NQ1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (smp)

DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau

C = kapasitas (smp/jam)

Untuk menghitung antrian smp yang akan datang selama fase merah (NQ2) dipakai Persamaan 3.9 berikut ini.

$$NQ2 = c \times ((1 - GR)/(1 - GR \times DS)) \times (Q/3600) \text{ (smp)} \quad (3.9)$$

Keterangan:

NQ2 = jumlah smp yang datang selama fase merah (smp)

c = waktu siklus (detik)

GR = rasio hijau

DS = derajat kejenuhan

$Q_{\text{masuk}}$  = arus lalu lintas pada tempat masuk luar LTOR (smp/jam)

Penyesuaian arus dipakai Persamaan 3.10



$$Q_{\text{peny}} = \sum (Q_{\text{masuk}} - Q_{\text{keluar}}) \text{ (smp/jam)} \quad (3.10)$$

Jumlah kendaraan antrian digunakan Persamaan 3.11

$$NQ = NQ1 + NQ2 \text{ (smp)} \quad (3.11)$$

Panjang antrian digunakan Persamaan 3.12

$$QL = NQ_{\text{maks}} \times (20 / W_{\text{masuk}}) \text{ (meter)} \quad (3.12)$$

Angka henti (NS) masing-masing pendekat dengan Persamaan 3.13

$$NS = 0,9 \times (NQ / (Q \times c) \times 3600) \text{ (smp/jam)} \quad (3.13)$$

Jumlah kendaraan terhenti (NSV) masing-masing pendekat dengan Persamaan 3.14

$$NSV = Q \times NS \text{ (smp/jam)} \quad (3.14)$$

Besarnya angka henti seluruh persimpangan dapat ditentukan dengan Persamaan 3.15

$$NS_{\text{TOT}} = \sum N_{\text{SV}} / Q_{\text{TOT}} \quad (3.15)$$

Keterangan:

NS = angka henti per smp

NQ = jumlah kendaraan antri (smp)

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

c = waktu siklus (detik)

NSV = jumlah kendaraan terhenti (smp/jam)

$NS_{TOT}$  = angka henti seluruh persimpangan

$\sum N_{sv}$  = jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat (smp/jam)

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

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

#### 3.3.1.4 Tundaan

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui sebuah persimpangan apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui simpangan. Tundaan terdiri dari tundaan lalu lintas (DT) dan tundaan geometri (DG).

Tundaan lalu lintas (DT) adalah waktu menunggu yang disebabkan interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang bertentangan. Tundaan geometri (DG) diperoleh dari perlambatan dan percepatan kendaraan yang berubah arah/berbelok di persimpangan yang dipengaruhi oleh geometri jalan.

Untuk memperoleh nilai tundaan lalu lintas rata-rata (DT) untuk setiap pendekat akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan sebagainya di persimpangan berdasarkan Akcekluk (1998) digunakan Persamaan 3.16 berikut.

$$DT = (c \times A) + \frac{(NQ1 \times 3600)}{c} \quad (\text{detik/smp}) \quad (3.16)$$

Keterangan :

DT = tundaan waktu lalu lintas rata-rata (detik/smp)

c = waktu siklus yang disesuaikan (detik)

A =  $\left( \frac{0,5 \times (1-GR)}{2} \right)$  (konstanta)

GR =  $\frac{(1-GR \times DS)}{2}$  = rasio hijau

C = kapasitas (smp/hijau)

NQ1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (smp)

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

#### 3.3.1.5 Aliran Lalu Lintas

Aliran lalu lintas yaitu jumlah kendaraan yang terdapat dalam ruangan yang diukur dalam suatu interval waktu tertentu. Aliran lalu lintas bernotasikan Q.

$$Q = \sum_{i=1}^n q \quad (3.17)$$

Dengan  $q$  menyatakan dari  $i = 1$  sampai  $n$ .

Angka aliran (*rate of flow*) adalah sebuah angka ekivalen selama suatu jam dari jumlah kendaraan yang melewati suatu titik atau ruas jalan yang dipilih untuk ditinjau dalam suatu interval waktu tertentu yang lebih kecil dari satu jam, biasanya paling sering digunakan 15 menit bahkan untuk mencapai hasil yang lebih akurat yaitu dengan memakai waktu yang lebih kecil seperti 5 menit atau 10 menit.

Faktor jam puncak (*peak hour factor*) yaitu perbandingan dari jumlah volume lalu lintas selama 1 jam dengan angka aliran puncak pada jam tersebut.

$$PHF = \frac{\text{Volume kendaraan dalam 1 jam}}{\text{angka aliran puncak dalam 1 jam}} \quad (3.18)$$

Jika periode yang dipakai 15 menit, maka untuk perhitungan PHF dapat digunakan Persamaan 3.19 sebagai berikut.

$$PH = \frac{V}{4+V_{15}} \quad (3.19)$$

Keterangan :

PHF = faktor jam puncak

V = volume 1 jam

$V_{15}$  = volume sebagai periode tertinggi 15 menit dalam jam puncak  
(kend/15 menit)

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

### 3.3.1.6 Volume Lalu Lintas

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.

Volume ini bisa dihitung berdasarkan jumlah kendaraan yang melewati titik di jalan dalam satuan waktu, bisa dilihat dari Persamaan 3.20 di bawah ini.

$$q = \frac{N}{T} \quad (3.20)$$

Keterangan :

q = volume kendaraan (kendaraan/jam)

N = jumlah kendaraan yang lewat di titik (kendaraan)

T = waktu atau periode pengamatan (jam)

Volume lalu lintas yang akan digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. volume harian, yaitu volume lalu lintas pada hari penelitian
2. volume tiap jam, yaitu volume harian yang diukur tiap jam-jam puncak.

Volume lalu lintas pada umumnya berbeda antara volume lalu lintas jam sibuk pagi, siang dan sore.

### 3.3.1.7. Waktu Sinyal

Penentuan waktu sinyal untuk keadaan dengan kendali waktu tetap dilakukan berdasarkan metoda Webster (1966) untuk meminimumkan tundaan total pada suatu simpang. Pertama-tama ditentukan waktu siklus ( c ), selanjutnya waktu hijau (  $g_i$  ) pada masing-masing fase ( i ).

Waktu Siklus

$$C = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - \sum FR_{crit}) \quad (3.21)$$

Keterangan :

C = Waktu siklus sinyal (detik)

LTI = Jumlah waktu hilang per siklus (detik)

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

FR<sub>crit</sub> = Nilai FR tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal

E(FR<sub>crit</sub>) = Rasio arus simpang = jumlah FR<sub>crit</sub> dari semua fase pada siklus tersebut

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

Jika waktu siklus tersebut lebih kecil dari nilai ini maka ada risiko serius akan terjadinya lewat jenuh pada simpang tersebut. Waktu siklus yang terlalu panjang akan menyebabkan meningkatnya tundaan rata-rata. Jika nilai  $E(FR_{crit})$  mendekati atau lebih dari 1 maka simpang tersebut adalah lewat jenuh dan rumus tersebut akan menghasilkan nilai waktu siklus yang sangat tinggi atau negatif.

Waktu Hijau

$$g_i = (c - LTI) \times FR_{crit} / L(FR_{crit}) \quad (3.22)$$

Keterangan :

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

Kinerja suatu simpang bersinyal pada umumnya lebih peka terhadap kesalahan-kesalahan dalam pembagian waktu hijau daripada terhadap terlalu panjangnya waktu siklus. Penyimpangan kecil pun dari rasio hijau ( $g/c$ ) yang ditentukan dari rumus 5 dan 6 diatas menghasilkan bertambah tingginya tundaan rata-rata pada simpang tersebut.

### 3.4 PENERAPAN JALAN SATU ARAH (*ONE WAY STREET*)

Menurut Hobbs (1995: 271), untuk merancang jalan satu arah diperlukan jalan-jalan pelengkap dengan frekuensi jalan-jalan sambungan yang tepat. Tata letak jenis grid adalah ideal karena memungkinkan adanya pasangan jalan dengan kapasitas yang sama. Titik pemberhentian pada jalan satu arah merupakan tempat kritis yang memerlukan perancangan yang hati-hati untuk menangani tempat-tempat konflik yang ditimbulkan oleh tuntutan adanya belokan-belokan tambahan. Pada tempat-tempat dengan arus lalu lintas padat, jalan simpang dengan satu arah akan menguntungkan.

Di dalam MKJI 1997, telah diatur karakteristik jalan satu arah, dengan kondisi dasar tipe jalan satu arah dari mana kecepatan arus bebas dasar dan kapasitas ditentukan didefinisikan sebagai berikut:

1. Lebar jalur lalu-lintas minimal tujuh meter
2. Lebar bahu efektif paling sedikit 2 meter pada setiap sisi

3. Tidak ada median
4. Tipe alinyemen datar

### **3.5 SIMULASI LALU LINTAS**

Menurut Sinha, Maji, dan Hiranandani (2010) simulasi lalu lintas atau simulasi sistem transportasi 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 lingkup yang penting dalam rekayasa lalu lintas dan perencanaan transportasi. Berbagai lembaga transportasi lokal, lembaga akademik dan perusahaan konsultan menggunakan simulasi untuk manajemen jaringan transportasi.

Model simulasi lalu lintas berguna dari perspektif mikroskopis, makroskopis dan kadang-kadang mesoskopis. 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.

### **3.6 VISSIM**

Menurut PTV-AG (2011), *VISSIM* adalah perangkat lunak multi-moda lalu lintas aliran mikroskopis simulasi yang dapat menganalisis operasi kendaraan pribadi dan angkutan umum dengan permasalahan seperti konfigurasi jalur, komposisi kendaraan, sinyal lalu lintas dan lain-lain, sehingga *VISSIM* menjadi perangkat yang berguna untuk evaluasi berbagai langkah alternatif berdasarkan langkah-langkah rekayasa transportasi dan perencanaan efektivitas. *VISSIM* dikembangkan oleh PTV (*Planung Transportasi Verkehr AG*) di Karlsruhe, Jerman. *VISSIM* merupakan singkatan dari “*Verkehr Stadten – SIMulationsmodell*” yang artinya “Lalu Lintas di Kota – Model Simulasi”. Program ini menyediakan kemampuan animasi dengan perangkat tambahan dalam tiga dimensi.

### 3.6.1 Penggunaan VISSIM pada Simulasi Lalu Lintas

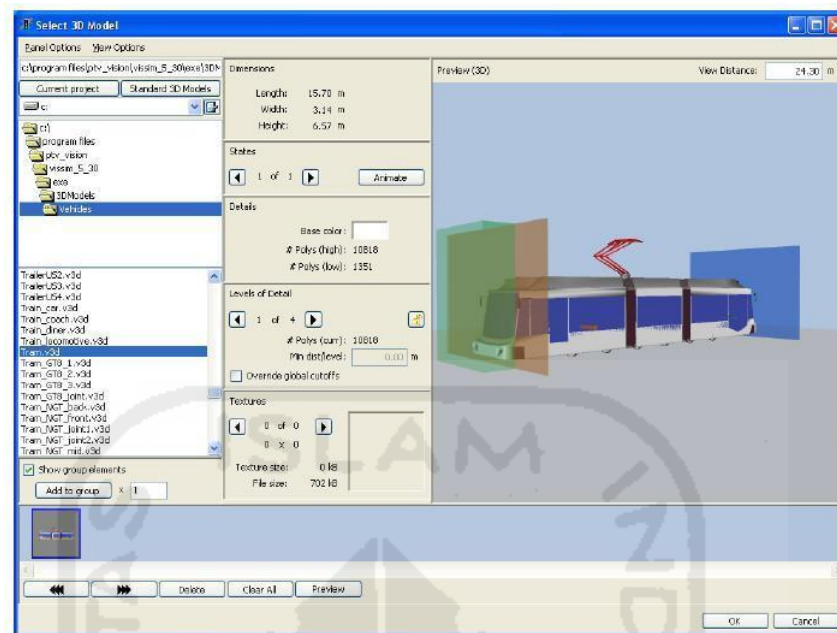
*VISSIM* telah digunakan untuk menganalisis jaringan-jaringan dari segala jenis ukuran jarak persimpangan individual hingga keseluruhan daerah metropolitan. Dalam jaringan-jaringan transportasi berikut, *VISSIM* mampu memodelkan semua klasifikasi fungsi jalan mulai dari jalan raya lintas untuk sepeda 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.

Data dan parameter yang dibutuhkan untuk melakukan simulasi lalu lintas adalah sebagai berikut ini.

#### 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 adalah sebagai berikut.

- a. *Vehicle Input*, memasukkan jumlah arus lalu lintas (kend/jam) sesuai dengan hasil survei di lapangan.
- b. *2D/3D Model*, pemilihan model-model kendaraan yang ingin dimasukkan dalam simulasi. Contoh tampilan dari menu *2D/3D Model* dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4.



Gambar 3.3 *3D Models*  
(Sumber: PTV AG, 2011)

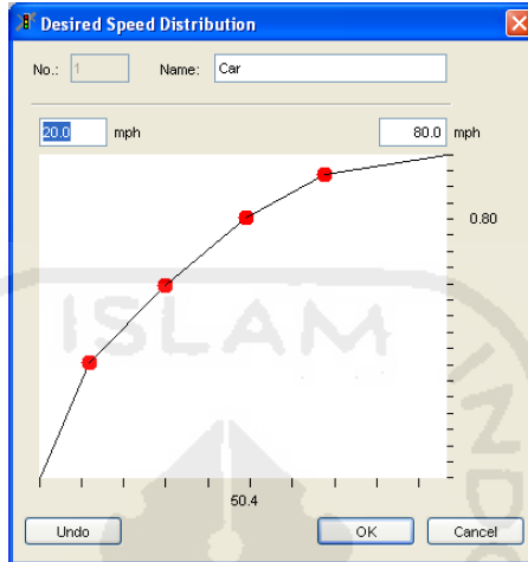
| 2D/3D Models / 2D/3D Model Segments |    |                         |        |
|-------------------------------------|----|-------------------------|--------|
| Count                               | No | Name                    | Length |
| 1                                   | 1  | Car - Volkswagen 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 3.4 Contoh *Models 2D/3D*  
(Sumber: PTV AG, 2011)

- c. *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

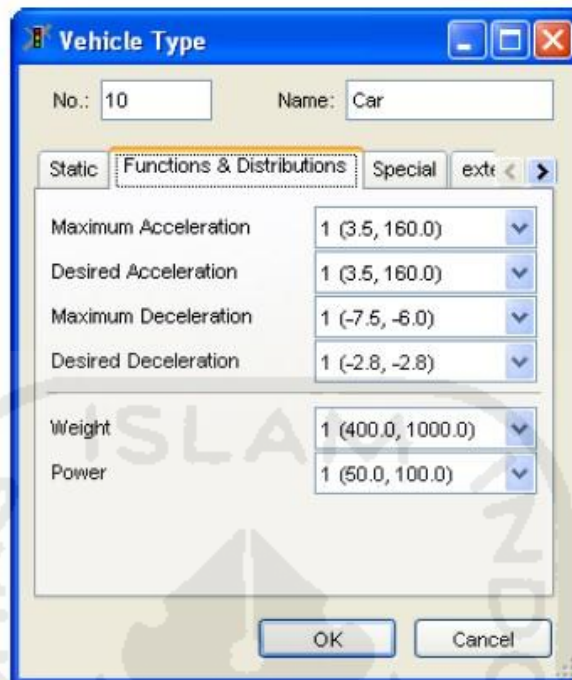


*Desired Speed Distribution* dan contoh penentuan variasi kecepatan kendaraan dapat dilihat pada Gambar 3.5.

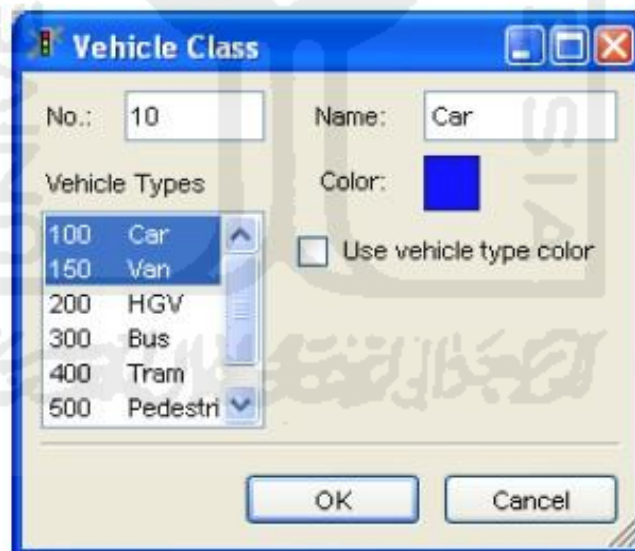


Gambar 3.5 *Desired Speed Distribution*  
(Sumber: PTV AG, 2011)

- 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 3.6 dan Gambar 3.7 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.



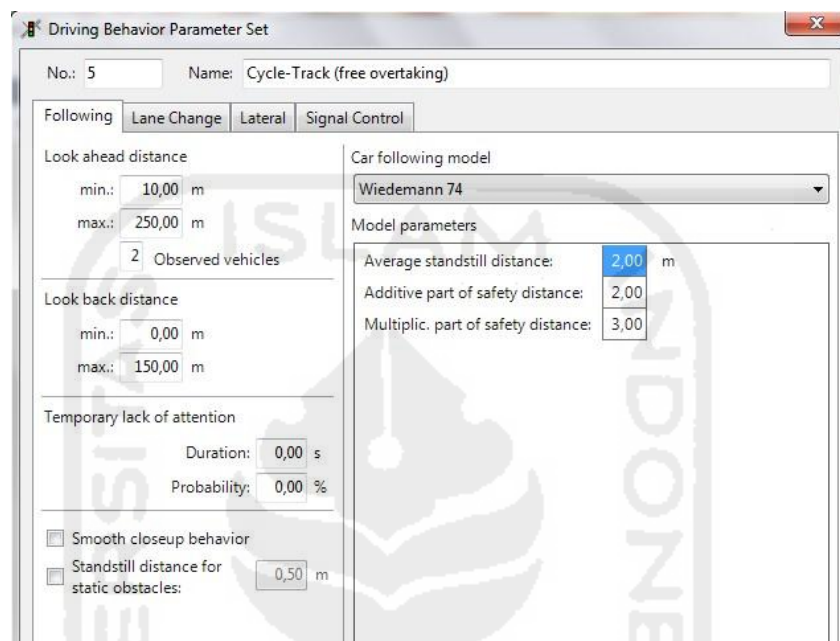
Gambar 3.6 *Vehicle Type*  
(Sumber: PTV AG, 2011)



Gambar 3.7 *Vehicle Class*  
(Sumber: PTV AG, 2011)

- 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 3.8 berikut ini, beserta parameter-parameter yang dapat disesuaikan.



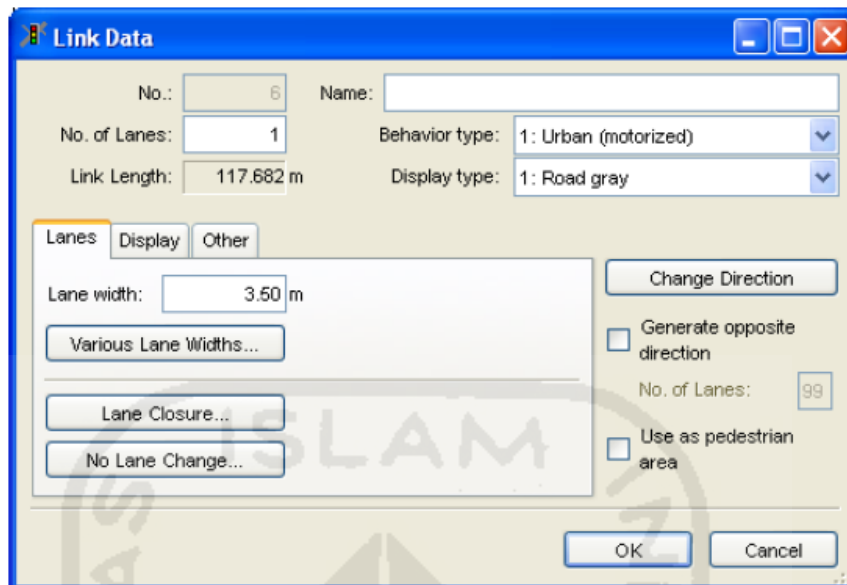
Gambar 3.8 *Driving Behaviour*  
(Sumber: PTV AG, 2011)

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

## 2. *Traffic Network*

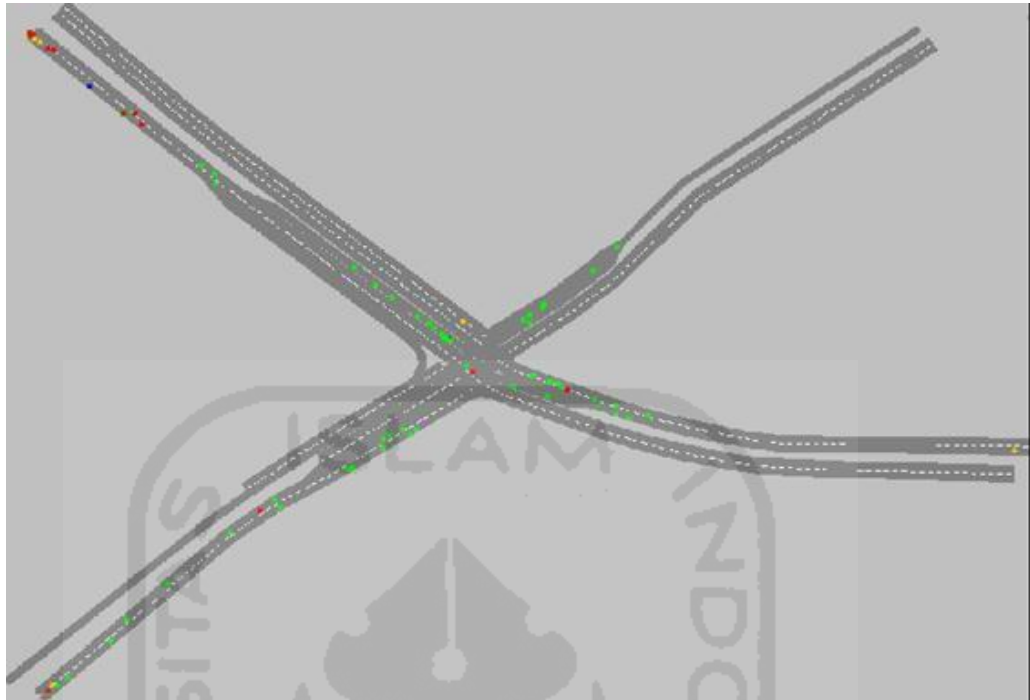
Elemen dasar dari jaringan lalu lintas dalam *VISSIM* adalah sebuah penghubung atau *links* yang merepresentasikan satu atau lebih segmen lajur jalan dengan arah arus yang spesifik. Sebuah jaringan bisa dibuat dengan menghubungkan antar *links* dengan *connectors*. Hanya *links* yang dihubungkan dengan *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 3.9 dan Gambar 3.10 di bawah ini.



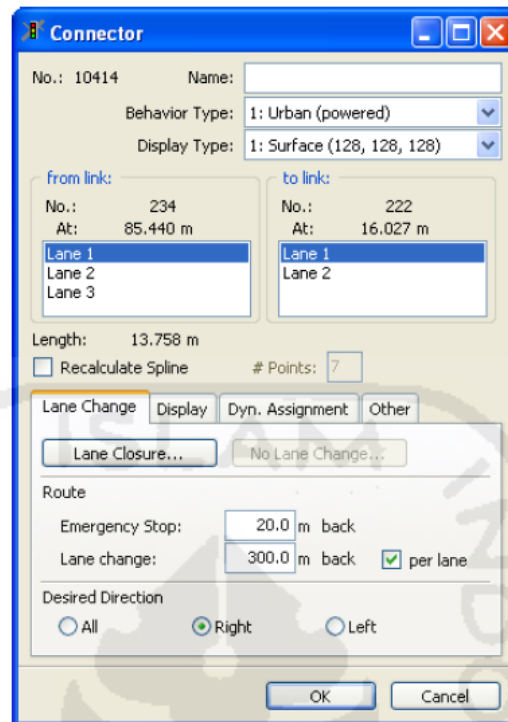
Gambar 3.9 Menu *Links*  
(Sumber: PTV AG, 2011)

Gambar 3.9 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.



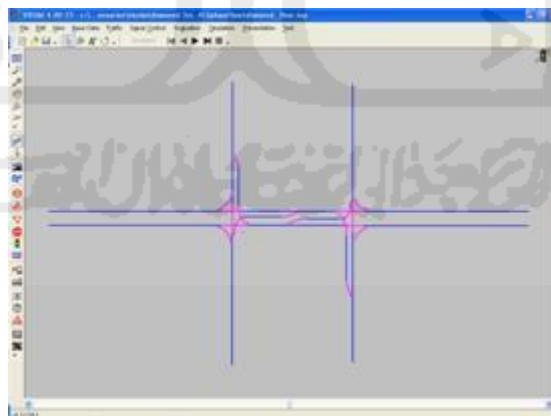
Gambar 3.10 Contoh *Links*  
(Sumber: PTV AG, 2011)

- b. *Connectors*, adalah input geometrik jalan yang mempunyai fungsi menghubungkan antar *links*. Tampilan menu *connectors* pada *VISSIM*, dapat dilihat pada Gambar 3.11 di bawah ini. Pada menu tersebut dapat dilakukan pengaturan terhadap beberapa data penting pada *connectors*, antara lain perilaku pengendara, permukaan *connectors*, lajur-lajur yang dihubungkan, titik pada lajur yang dihubungkan, perubahan lajur, dan lain-lain.



Gambar 3.11 Menu *Connectors*  
(Sumber: PTV AG, 2011)

Pada Gambar 3.11 berikut ini, dapat dilihat *connectors* yang telah menghubungkan antar *links*. *Connectors* adalah garis yang berwarna merah jambu.



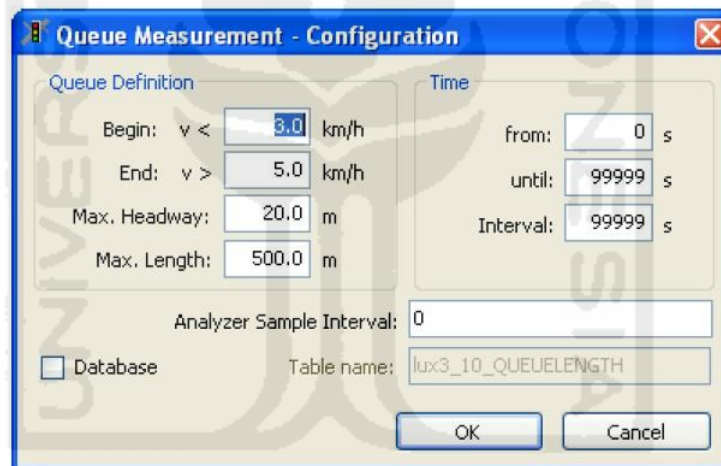
Gambar 3.12 *Connectors*  
(Sumber: PTV AG, 2011)

- c. *Background and scaling*, pengaturan background pada simulasi dengan mengambil gambar lokasi penelitian dari *google earth*, 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 3.13 dan Gambar 3.14 dibawah ini.

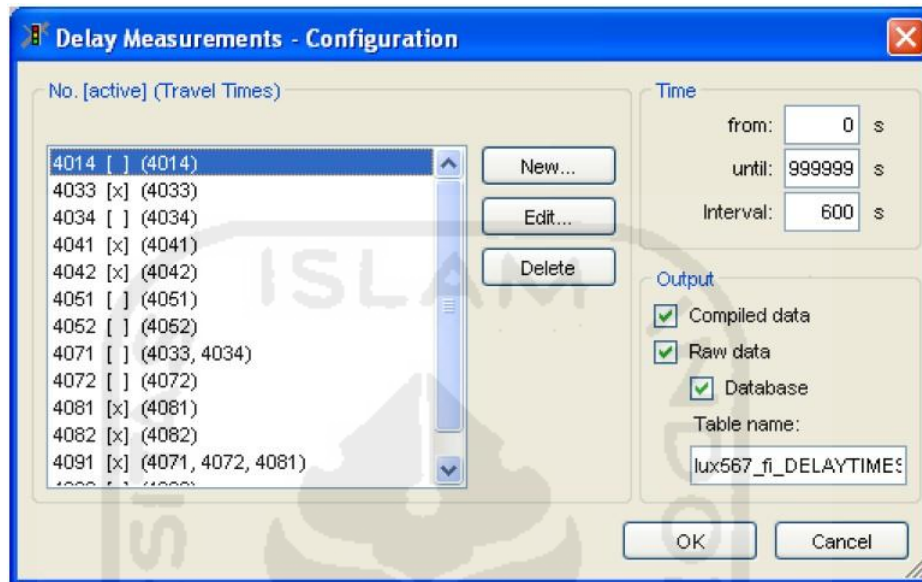


Gambar 3.13 *Queue Measurement*  
(Sumber: PTV AG, 2011)

| 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  |

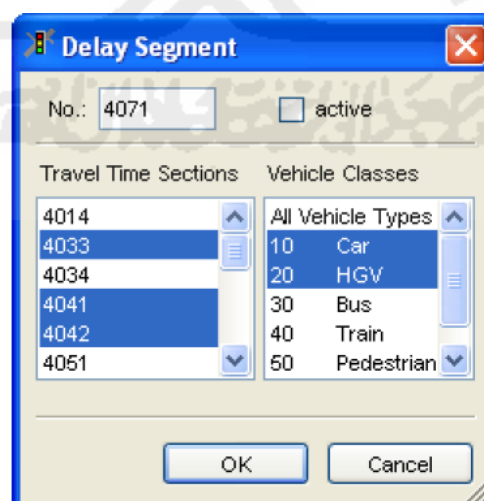
Gambar 3.14 *Queue Counter*  
(Sumber: PTV AG, 2011)

- b. *Delay*, penghitungan tundaan yang dialami kendaraan sesuai dengan rute yang telah ditentukan. Untuk lebih jelasnya, akan ditampilkan menu *delay* pada VISSIM pada Gambar 3.15 dan Gambar 3.16 di bawah ini.



Gambar 3.15 *Delay Measurements*  
(Sumber: PTV AG, 2011)

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 3.16 *Delay Segment*  
(Sumber: PTV AG, 2011)



Gambar 3.16 diatas 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 *software VISSIM*. Dengan pendekatan ini, maka perilaku kendaraan di lapangan dapat dibuat lebih mirip dengan perilaku kendaraan pada *software VISSIM*. Selain itu, pendekatan ini juga dapat mengkalibrasi panjang antrian di *software VISSIM* jika perbedaan dengan keadaan di lapangan terlalu jauh. Ide dasar dari pendekatan ini adalah dengan mengasumsikan pengemudi termasuk salah satu dari 4 model pengemudi 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 diinginkan.
- 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 *multiplic* ( $bx\_mult$ ), yaitu bagian dari jarak aman yang diinginkan yang mempengaruhi perhitungan dari jarak aman. Jarak ( $d$ ) antar dua kendaraan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$d = ax + bx \quad (3.23)$$

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:

$$dx\_safe = CC0 + CC1 * v \quad (3.24)$$

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 pada angka 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.

### 3.6.2 *Level of Services (LoS)*

Menurut HCM (2000), *Level of Services (LoS)* atau tingkat pelayanan adalah suatu pengukuran kualitatif yang menggambarkan kondisi operasional dalam suatu aliran lalu lintas dan persepsinya oleh pengendara atau penumpang.

Tingkat pelayanan dibagi atas tingkatan: A, B, C, D, E, dan F. Pada kondisi operasional yang paling baik dari suatu fasilitas dinyatakan dengan tingkat pelayanan A, sedangkan untuk kondisi yang paling buruk dinyatakan dengan tingkat pelayanan F. Hubungan antara besarnya tundaan henti kendaraan (detik) dengan tingkat pelayanan dapat di lihat pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7 Kriteria Tingkat Pelayanan untuk Persimpangan Bersinyal

| Tingkat Pelayanan | Tundaan per kendaraan (detik/kendaraan) |
|-------------------|---|
| A                 | $\leq 10$                               |
| B                 | $>10 - 20$                              |
| C                 | $>20 - 35$                              |
| D                 | $>35 - 55$                              |
| E                 | $>55 - 80$                              |
| F                 | $\geq 80$                               |

Sumber : HCM, (2000)

#### 1. Tingkat pelayanan A

Pergerakan yang lancar atau sangat baik dan sebagian besar kendaraan tiba pada saat lampu hijau.

2. Tingkat pelayanan B  
Pergerakan baik, kendaraan yang berhenti pada tingkat ini lebih banyak pada tingkat ini lebih banyak dari kendaraan pada *LoS* A.
3. Tingkat pelayanan C  
Pergerakan yang kurang baik dan/atau waktu siklus yang lebih panjang. Jumlah kendaraan yang berhenti sangat berpengaruh pada tingkat ini, walaupun masih banyak kendaraan yang melewati persimpangan ini.
4. Tingkat pelayanan D  
Pergerakan yang buruk dan pengaruh kemacetan lebih terlihat pada tingkat ini. Akibat dari waktu siklus yang panjang atau rasio kendaraan yang tinggi dan rasio kendaraan henti menurun.
5. Tingkat pelayanan E  
Pergerakan yang buruk akibat dari nilai tundaan yang tinggi, biasanya menunjukkan nilai waktu siklus yang panjang dan rasio kendaraan yang tinggi.
6. Tingkat pelayanan F  
Kondisi macet total atau ketika arus datang melebihi kapasitas.

### 3.6.3 Kalibrasi dan Validasi Data

Kalibrasi adalah proses dimana komponen model simulasi disesuaikan kembali sehingga model simulasi secara akurat mewakili atau mendekati dengan yang diamati. Sedangkan validasi adalah perbandingan parameter yang diperoleh dari lapangan terhadap hasil simulasi dengan menggunakan *VISSIM*.

Uji *chi-square* disebut juga dengan Kai Kuadrat. Uji *chi-square* adalah salah satu uji statistik non-parametrik (distribusi dimana besaran – besaran populasi tidak diketahui) yang cukup sering digunakan dalam penelitian yang menggunakan dua variable, yang mana skala data kedua variable adalah nominal atau untuk menguji perbedaan dua atau lebih proporsi sampel. Uji *chi-square* diterapkan pada kasus frekuensi yang diamati (data observasi) diuji untuk membuktikan atau ada perbedaan secara nyata atau tidak dengan frekuensi yang diharapkan. Uji *chi-square* adalah teknik analisis yang digunakan untuk menentukan perbedaan frekuensi observasi ( $O_i$ ) dengan frekuensi ekspektasi atau frekuensi harapan ( $E_i$ )

suatu kategori tertentu yang dihasilkan. Uji ini dapat dilakukan pada data diskrit atau frekuensi. Rumus untuk uji *chi-square* adalah sebagai berikut.

$$X^2 = \frac{\sum (f_o - f_e)^2}{f_e} \quad (3.25)$$

Keterangan :

$f_o$  = hasil observasi pada baris b kolom k

$f_e$  = nilai harapan (expected value) pada baris b kolom k

Distribusi  $X^2$  digunakan untuk menguji sebagai berikut ini.

1. Frekuensi observasi berbeda secara signifikan terhadap frekuensi ekspektasi.
2. Dua variable independent atau tidak.
3. Data sampel menyerupai distribusi hipotesis tertentu seperti distribusi normal, binomial, poisson atau yang lain.

Nilai  $X^2$  selalu positif karena didapat dari penjumlahan kuadrat dari variabel normal standar Z sehingga kurva *chi-square* tidak mungkin berada di sebelah kiri nilai nol. Bentuk distribusi  $X^2$  tergantung dari derajat bebas (db) atau *degree of freedom*. Distribusi  $X^2$  bukan suatu kurva probabilitas tunggal tetapi merupakan suatu keluarga dari kurva bermacam-macam distribusi  $X^2$ . (Engineering Statistics Handbook - Chi-Square Distribution, 2006)

Namun karena yang diuji pada penelitian ini adalah perilaku lalulintas, maka uji statistik tidak dapat digunakan untuk menguji perilaku pengendara yang berbeda beda. Oleh karena itulah kalibrasi dan validasi dilakukan dengan mencocokkan hasil *input* data volume dan *output* data volume yang keluar, *input* dan *output* volume kendaraan tersebut harus mendekati sama dengan batas toleransi kurang lebih 20%. Setelah hasil yang mendekati sama maka dilakukan *trail and error* pada *driving behaviors* untuk mendapatkan perilaku lalulintas yang mendekati sama, dengan acuan antara panjang antrian atau tundaan yang terjadi dilapangan sebenarnya.