

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)

Manual Kapasitas Jalan Indonesia memuat fasilitas jalan perkotaan, semi perkotaan, luar kota dan jalan bebas hambatan. Manual ini menggantikan manual sementara untuk fasilitas lalu lintas perkotaan (Januari 1993) dan jalan luar kota (Agustus 1994) yang telah diterbitkan lebih dahulu dalam proyek MKJI. Tipe fasilitas yang tercakup dan ukuran penampilan lalu lintas selanjutnya disebut perilaku lalu-lintas atau kualitas lalu lintas.

Tujuan analisa MKJI adalah untuk dapat melaksanakan Perancangan (*planning*), Perencanaan (*design*), dan Pengoperasionalan lalu-lintas (*traffic operation*) simpang bersinyal, simpang tak bersinyal dan bagian jalinan dan bundaran, ruas jalan (jalan perkotaan, jalan luar kota dan jalan bebas hambatan).

Manual ini direncanakan terutama agar pengguna dapat memperkirakan perilaku lalu lintas dari suatu fasilitas pada kondisi lalu lintas, geometrik dan keadaan lingkungan tertentu. Nilai-nilai perkiraan dapat diusulkan apabila data yang diperlukan tidak tersedia. Terdapat tiga macam analisis, yaitu :

1. Analisis Perancangan (*planning*), yaitu : Analisis terhadap penentuan denah dan rencana awal yang sesuai dari suatu fasilitas jalan yang baru berdasarkan ramalan arus lalu-lintas.
2. Analisis Perencanaan (*design*), yaitu : Analisis terhadap penentuan rencana geometrik detail dan parameter pengontrol lalu lintas dari suatu fasilitas jalan baru atau yang ditingkatkan berdasarkan kebutuhan arus lalu lintas yang diketahui.
3. Analisis Operasional, yaitu : Analisis terhadap penentuan perilaku lalu lintas suatu jalan pada kebutuhan lalu lintas tertentu. Analisis terhadap penentuan waktu sinyal untuk tundaan terkecil. Analisis peramalan yang akan terjadi akibat adanya perubahan kecil pada geometrik, arus lalu lintas dan kontrol sinyal yang digunakan.

Dengan melakukan perhitungan bersambung yang menggunakan data yang disesuaikan, untuk keadaan lalu lintas dan lingkungan tertentu dapat ditentukan suatu rencana geometrik yang menghasilkan perilaku lalu lintas yang dapat diterima. Dengan cara yang sama, penurunan kinerja dari suatu fasilitas lalu lintas sebagai akibat dari pertumbuhan lalu lintas dapat dianalisa, sehingga waktu yang diperlukan untuk tindakan turun tangan seperti peningkatan kapasitas dapat juga ditentukan.

2.2 Klasifikasi Jalan Raya

Klasifikasi jalan akan memberikan gambaran tentang pentingnya arti pelayanan yang akan disediakan, hal ini sangat penting dalam menetapkan syarat – syarat minimum yang perlu disediakan atau diberikan pada jalan raya itu sendiri. Klasifikasi menurut fungsinya terdiri atas 3 golongan :

1. Jalan Arteri

Jalan raya arteri adalah jalan raya yang melayani lalu lintas yang tinggi (kendaraan berat) antara kota – kota penting atau antara pusat – pusat produksi dan ekspor. Jalan jalan yang termasuk kategori golongan ini harus direncanakan untuk melayani lalu lintas yang cukup berat.

2. Jalan Sekunder

Jalan raya sekunder adalah jalan raya yang melayani lalu lintas yang cukup tinggi, baik kendaraan ringan maupun berat antara kota – kota penting dan kota – kota yang lebih kecil juga melayani daerah daerah sekitarnya.

3. Jalan Penghubung

Jalan penghubung adalah jalan untuk keperluan aktifitas daerah yang sempit juga dipakai sebagai jalan penghubung antara jalan – jalan golongan yang sama atau berlainan. Fungsi jalan penghubung adalah untuk melayani lalu lintas yaitu memenuhi kebutuhan aktifitas masyarakat setempat biasanya jalan perkotaan.

2.3 Karakteristik Jalan Raya

2.3.1 Geometrik

1. Tipe Jalan

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

2. Lebar jalur lalu lintas

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

3. Kereb

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

4. Bahu

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

5. Median

Median yang direncanakan dengan baik dapat meningkatkan kapasitas.

6. Alinyemen Jalan

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

2.3.2 Klasifikasi kendaraan

Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), semua nilai arus lalu lintas (per arah dan total) dikonversikan menjadi satuan mobil penumpang (smp), yang diturunkan secara empiris untuk tipe kendaraan sebagai berikut :

1. Kendaraan ringaan (LV) adalah kendaraan bermotor 2 as beroda 4 dengan jarak as 2,0 – 3,0 m. Meliputi : mobil penumpang, oplet, mikrobis, pick up dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi bina marga.
2. Kendaraan berat (HV) adalah kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,5 m, dan biasanya beroda lebih dari 4. Meliputi : bus, truk 2 as, truk 3 as, dan truk kombinasi sesuai sistem klasifikasi bina marga.
3. Sepeda motor (MC) adalah kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda. Meliputi sepeda motor dan kendaraan roda 3 sesuai sistem klasifikasi bina marga.
4. Kendaraan tidak bermotor (UM) adalah kendaraan roda yang digerakan oleh orang atau hewan. Meliputi : sepeda, becak, kereta kuda sesuai sistem klasifikasi bina marga. Kendaraan berat (HV), termasuk truk dan bus.

2.3.3 Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Setiap jenis kendaraan mempunyai karakteristik pergerakan yang berbeda, karena dimensi, kecepatan percepatan maupun kemampuan manuver masing - masing tipe kendaraan berbeda disamping itu juga pengaruh geometrik jalan. Oleh karena itu, untuk menyamakan satuan masing masing jenis kendaraan digunakan satuan yang bisa dipakai dalam perencanaan lalu lintas yang disebut Satuan Mobil Penumpang (smp). Besaran smp yang direkomendasikan sesuai dengan hasil penelitian IHCM (*Indonesian Highway Capacity Manual*) atau MKJI sebagai berikut :

Tabel 2.1 Faktor Satuan Mobil Penumpang (smp)

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

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.3.4 Perilaku Pengemudi dan Populasi Kendaraan

Ukuran Indonesia serta keanekaragaman dan tingkat perkembangan daerah perkotaan menunjukkan bahwa perilaku pengemudi dan populasi kendaraan (umur, tenaga, dan kondisi kendaraan, komposisi kendaraan) adalah beraneka ragam. Karakteristik ini dimasukkan dalam prosedur perhitungan secara tidak langsung, melalui ukuran kota. Kota yang lebih kecil menunjukkan perilaku pengemudi yang kurang gesit dan kendaraan yang kurang modern, menyebabkan kapasitas dan kecepatan lebih rendah pada arus tertentu, jika dibandingkan dengan kota yang lebih besar (MKJI 1997, Jalan Perkotaan).

2.4 Persimpangan

Berdasarkan MKJI 1997, persimpangan adalah pertemuan dua jalan atau lebih yang bersilangan. Umumnya simpang terdiri dari simpang bersinyal dan simpang tak bersinyal.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu lintas jalan, persimpangan adalah pertemuan atau percabangan jalan, baik sebidang maupun yang tidak sebidang. Menurut Hobbs (1995), persimpangan jalan merupakan simpul transportasi yang terbentuk dari beberapa pendekat dimana arus kendaraan dari beberapa pendekat tersebut bertemu dan memencar meninggalkan persimpangan.

Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan menggunakan ruang jalan pada persimpangan secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya. Persimpangan merupakan faktor-faktor yang paling penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan, khususnya di daerah perkotaan.

2.4.1 Jenis Simpang

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 E.K.Morlok (1991) jenis simpang berdasarkan cara pengaturannya dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu :

1. Simpang bersinyal (*Signalised Intersection*) adalah persimpangan jalan yang pergerakan atau arus lalu lintas dari setiap pendekatnya diatur oleh lampu sinyal untuk melewati persimpangan secara bergilir, Jadi pemakai jalan hanya boleh lewat pada saat sinyal lalu lintas menunjukkan warna hijau pada lengan simpangnya.

2. Simpang tak bersinyal (*Unsignalised Intersection*) adalah pertemuan jalan yang tidak menggunakan sinyal pada pengaturannya. Pada simpang ini pemakai jalan harus memutuskan apakah mereka cukup aman untuk melewati simpang atau harus berhenti dahulu sebelum melewati simpang tersebut,

2.4.2 Macam – macam Simpang

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

1. Persimpangan sebidang adalah persimpangan dimana berbagai jalan atau ujung jalan masuk persimpangan mengarahkan lalu lintas masuk kejalan yang dapat belawan dengan lalu lintas lainnya
2. Persimpangan tak sebidang, yaitu memisah-misahkan lalu lintas pada jalur yang berbeda sedemikian rupa sehingga persimpangan jalur dari kendaraan-kendaraan hanya terjadi pada tempat dimana kendaraan-kendaraan memisah dari atau bergabung menjadi satu lajur gerak yang sama. (contoh: jalan layang), karena kebutuhan untuk menyediakan gerakan membelok tanpa berpotongan, maka dibutuhkan tikungan yang besar dan sulit serta biayanya yang mahal.

2.4.3 Karakteristik simpang

Menurut Hariyanto (2004), dalam perencanaan suatu simpang, kekurangan dan kelebihan dari simpang bersinyal dan simpang tak bersinyal harus dijadikan suatu pertimbangan. Adapun karakteristik simpang bersinyal dibandingkan simpang tak bersinyal adalah sebagai berikut :

1. Kemungkinan terjadinya kecelakaan dapat ditekan apabila tidak terjadi pelanggaran lalu lintas,
2. Lampu lalu lintas lebih memberi aturan yang jelas pada saat melalui simpang,
3. Simpang bersinyal dapat mengurangi konflik yang terjadi pada simpang, terutama pada jam sibuk,

4. Pada saat lalu lintas sepi, simpang bersinyal menyebabkan adanya tundaan yang seharusnya tidak terjadi.

2.4.4 Pengendalian simpang

Tujuan dari pengendalian persimpangan adalah mengurangi potensi konflik di antara kendaraan (termasuk pejalan kaki) dan sekaligus menyediakan kenyamanan maksimum dan kemudahan pergerakan bagi kendaraan. Berikut ini adalah empat elemen dasar yang umumnya dipertimbangkan dalam merancang persimpangan sebidang:

1. Faktor manusia, seperti kebiasaan mengemudi, dan waktu pengambilan keputusan dan waktu reaksi
2. Pertimbangan lalu-lintas, seperti kapasitas dan pergerakan membelok, kecepatan kendaraan, dan ukuran serta penyebaran kendaraan
3. Elemen-elemen fisik, seperti karakteristik dan penggunaan dua fasilitas yang saling berdampingan, jarak pandang dan fitur-fitur geometris
4. Faktor ekonomi, seperti biaya, manfaat, dan konsumsi energi.

Menurut Ofyar Z Tamin (2000), persimpangan merupakan tempat sumber konflik lalu lintas yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadi konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya ataupun antara kendaraan dengan pejalan kaki. Oleh karena itu merupakan aspek penting didalam pengendalian lalu lintas. Masalah utama yang saling kait mengkait pada persimpangan adalah :

1. Volume dan kapasitas, yang secara langsung mempengaruhi hambatan.
2. Desain geometrik dan kebebasan pandang
3. Kecelakaan dan keselamatan jalan, kecepatan, lampu jalan
4. Parkir, akses dan pembangunan umum
5. Pejalan kaki jarak antar 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 : berpecah (*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.

Dalam 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 elektris) 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.

Menurut Abubakar, dkk., (1995), perlengkapan pengendalian simpang salah satunya perbaikan kecil tertentu yang dapat dilakukan untuk semua jenis persimpangan yang dapat meningkatkan untuk kerja (keselamatan dan efisien) yang 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.

2.4.5 Kinerja Persimpangan

Manajemen (Penataan) lalu lintas adalah pengelolaan dan pengendalian lalu lintas dengan melakukan optimasi penggunaan prasarana yang ada melalui peredaman atau pengecilan tingkat pertumbuhan lalu lintas, memberikan kemudahan kepada angkutan yang efisien dalam penggunaan ruang jalan serta

memperlancar sistem kinerja dari pergerakan. (Rekayasa Lalu Lintas Pedoman Perencanaan dan pengoperasian Lalu Lintas di Wilayah Perkotaan - Direktorat BSLLAK, 1999). Menurut Abubakar, dkk., (1995), meningkatkan kinerja pada semua jenis persimpangan dari segi keselamatan dan efisiensi adalah dengan melakukan pelaksanaan dalam pengendalian pada persimpangan.

2.4.6 Prinsip Dasar

Konflik antara arus lalulintas dikendalikan dengan isyarat lampu atau *traffic light*. Konflik dapat dihilangkan dengan melepaskan hanya satu arus lalulintas, tetapi dapat menyebabkan hambatan yang besar bagi arus – arus dari kaki simpang lainnya. Secara keseluruhan dapat menyebabkan penggunaan simpang menjadi tidak efisien. Untuk itu perlu dipertimbangkan dalam mengalirkan beberapa arus bersamaan untuk efisiensi simpang dengan tetap memperhatikan aspek keselamatan, sehingga kapasitas simpang menjadi meningkat.

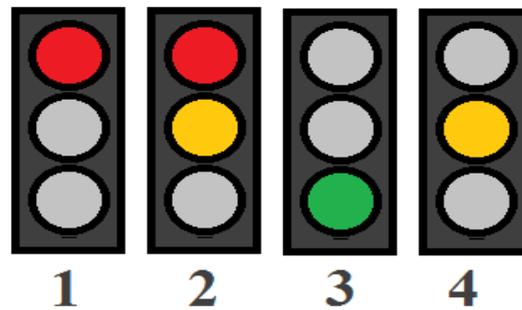
Usaha untuk mengurangi hambatan dan meningkatkan kapasitas simpang dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

- a. Menggunakan tahapan fase sesedikit mungkin.
- b. Arus yang masuk di persimpangan harus dapat ditampung.
- c. Alokasi waktu untuk tiap – tiap fase harus sesuai kebutuhan.
- d. Bila memungkinkan dengan simpang yang berdekatan dilakukan koordinasi, sehingga efisiensi dapat ditingkatkan.

2.5 Lampu Lalulintas (*Traffic Light*)

Traffic Light berarti pengaturan lalu lintas dengan memakai sinyal dari lampu. Sinyal-sinyal lampu ini terdiri dari tiga macam warna yaitu :

1. Merah (*Red*), artinya keadaan tidak aman, jadi semua kendaraan harus berhenti.
2. Kuning (*Amber*), artinya peralihan antara merah dan hijau, yang mana pada posisi ini semua kendaraan yang sedang berjalan harus hati-hati dan juga bagi yang sedang berhenti harus bersiap-siap untuk berjalan
3. Hijau (*Green*), artinya keadaan aman, kendaraan boleh berjalan.



Gambar 2.1 Lampu Lalulintas

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

Urutan lampu menyala seperti ditunjukkan dalam gambar adalah:

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

2.5.1 *Signal Aspect* dan *Intergreen Period*

Warna yang ditunjukkan oleh suatu lampu lalu lintas disebut *signal aspect*. Urutan dari *signal aspect* adalah merah, kuning, hijau. Di Inggris lamanya lampu kuning adalah tiga detik. Matinya lampu hijau pada suatu fase dan nyalanya lampu hijau di phase berikutnya diberi nama *Intergreen Period*. Lamanya *intergreen period* ini berkisar antara empat detik sampai dengan delapan detik, ini tergantung dari konflik yang ada pada setiap masing-masing phase.

Misalnya untuk suatu phase yang mempunyai volume kendaraan yang membelok kekanan jumlahnya cukup besar dan pada fase tersebut juga memberikan kesempatan bagi para pejalan kaki untuk menyeberang, maka lamanya *Intergreen Period* biasanya diambil delapan detik.

2.6 Fase (*Phase*)

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

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

Jadi, berdasarkan keterangan diatas apabila pada suatu persimpangan jalan ada dua atau lebih dari dua konflik utama maka dibutuhkan juga lebih dari dua *phase*. Pada Persimpangan Jalan Tanjung Api-Api, Jalan Kol. H. Barlian, Jalan Soekarno Hatta, Jalan Menuju arah ke KM 12 yang kami tuangkan didalam laporan akhir ini, *Traffic Light* yang kami rencanakan terdiri dari empat fase.

2.7 Prinsip Umum (MKJI 1997)

2.7.1 Volume Lalulintas

Volume lalulintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik atau garis pada lajur gerak dalam satuan waktu tertentu. Biasanya dihitung dalam kendaraan/hari atau kendaraan/jam. Pengukuran volume biasanya dilakukan dengan cara manual. Volume lalu-lintas yang diekspresikan dibawah satu jam (sub jam) seperti, 15 menitan dikenal dengan istilah *rate of flow* atau nilai arus. Untuk mendapatkan nilai arus dari suatu segmen jalan yang terdiri dari banyak tipe kendaraan , maka semua tipe – tipe kendaraan tersebut harus dikonversikan kedalam satuan mobil penumpang (smp).

2.7.2 Arus Jenuh Setiap Lengan Simpang

Arus jenuh lengan simpang merupakan arus dimana mengalami kepadatan di setiap lengan simpang, sehingga arus kendaraan (smp) tersebut mengalami keadaan jenuh atau bisa juga disebut dalam kondisi yang tersendat.

Dalam perhitungan arus jenuh diperlukan hal seperti banyaknya titik pengamatan yang didapat dari total arus kendaraan di interval waktu dari detik ke 20 sampai akhir detik ke 60 dengan total kendaraan yang tak bermotor dari detik ke 20 sampai akhir detik ke 60 dari setiap lengan simpang. Berikut persamaan yang digunakan untuk mencari jumlah titik pengamatan :

$$X = \left[\frac{V}{O} \right] \quad (2.1)$$

Keterangan :

- X = Jumlah titik pertama
- V = Total arus kendaraan di interval waktu detik ke 20 sampai akhir detik ke 60
- O = Total Kendaraan Tak Bermotor detik ke 20 sampai akhir detik ke 60

Lalu perhitungan dilanjutkan dengan mengalikan Jumlah titik pertama dengan konstanta faktor pengali. Berikut persamaan yang digunakan untuk mencari arus jenuh dasar :

$$SF = (X) \times 600 \quad (2.2)$$

Keterangan :

- SF = Arus jenuh dasar
- X = Jumlah titik pertama
- 600 = Faktor pengali

Dari Jumlah titik pertama juga bisa menghitung waktu mulai kehilangan (SLT) dengan persamaan sebagai berikut :

$$SLT = 0,1 - \left(\frac{V_f}{X} \times 0,1 \text{ Menit} \right) \quad (2.3)$$

Keterangan :

- Vf = Jumlah kendaraan 10 detik pertama dibagi dengan Total Cycle detik pertama
 X = Banyak titik pengamatan

Dilanjutkan dengan menghitung rata-rata nilai total kendaraan (VL), dalam hal ini dapat diketahui rata-rata jumlah kendaraan pada saat arus jenuh. Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung rata-rata Nilai Total Kendaraan :

(2.4)

$$VL = \frac{\text{Total Kend}}{\text{Total Obs}}$$

Keterangan :

- Total Kendaraan = Jumlah kendaraan dari interval awal sampai akhir
 Total obs = Jumlah total kendaraan tak bermotor yang terbesar

Maksud dari kendaraan tak bermotor yang terbesar, yaitu pada saat mencari Total obs harus memilih jumlah nilai yang terbesar dari setiap lengan simpang.

Perhitungan selanjutnya adalah menghitung rata – rata panjang interval terakhir (LI) dengan persamaan sebagai berikut :

$$LI = \frac{\text{Total Waktu}}{\text{Total Obs}} \quad (2.5)$$

Keterangan :

- LI = Rata – rata panjang interval terakhir
 Total Waktu = Hasil pembagian dari total Jumlah kendaraan dari awal interval sampai akhir interval dengan jumlah kendaraan tak bermotor dari awal interval sampai akhir interval
 Total obs = Jumlah total kendaraan tak bermotor yang terbesar

Setelah didapatkan hasil perhitungan rata-rata panjang interval terakhir, dilanjutkan dengan menghitung waktu akhir kehilangan, dengan persamaan sebagai berikut :

$$FLT = LI - \left(\frac{VL}{X} \times 0,1 \text{ Menit} \right) \quad (2.6)$$

Keterangan :

LI = Rata – rata panjang interval terakhir

X = Banyak titik pengamatan pertama

VL = Rata – rata nilai total kendaraan

Dengan demikian, didapatkan angka arus jenuh dari setiap lengan simpang dengan persamaan sebagai berikut :

$$S = SF \times \text{Faktor Konversi Arus} \quad (2.7)$$

Keterangan :

SF = Arus jenuh dasar

2.7.3 Waktu Siklus Optimum (C_0)

Selang waktu antara nyalanya sinyal hijau pada suatu fase dengan nyalanya hijau berikutnya pada fase yang sama. Untuk menghitung waktu siklus optimum digunakan persamaan sebagai berikut :

$$C_0 = (1,5 \times L + 5) / (1 - \sum Y) \quad (2.8)$$

Keterangan :

C_0 = Waktu siklus optimum

L = Jumlah fase

$\sum Y$ = Rasio Arus Simpang

Untuk menentukan waktu hijau efektif (GE) digunakan persamaan berikut :

$$GE = C_0 - L \quad (2.9)$$

Keterangan :

C_0 = Waktu siklus optimum

L = Total kehilangan waktu

Sedangkan untuk menentukan waktu hijau efektif untuk tiap fase digunakan persamaan berikut :

$$GE_{FASE} = \frac{Y1}{Y1+Y2+Y3+Y4} \times GE \quad (2.10)$$

Keterangan :

GE_{FASE} = Waktu hijau efektif pada salah satu fase (misalkan pada fase 1)

GE = Waktu hijau efektif

Y1 = Perbandingan antara Flow (Q) dan Saturation Flow (S) pada fase 1

Y2 = Perbandingan antara Flow (Q) dan Saturation Flow (S) pada fase 2

Y3 = Perbandingan antara Flow (Q) dan Saturation Flow (S) pada fase 3

Y4 = Perbandingan antara Flow (Q) dan Saturation Flow (S) pada fase 4

Dan untuk menentukan waktu hijau aktual untuk tiap fase digunakan persamaan berikut :

$$\text{Waktu Hijau Arah (i)} = GE(i) + \text{Waktu Mulai dan Berhenti} - \text{Waktu Merah} \quad (2.11)$$

Keterangan :

$GE(i)$ = Waktu hijau efektif pada salah satu fase (arah)

2.7.4 Arus Jenuh Dasar

Sebelum menghitung kapasitas diperlukan data arus jenuh dasar dari setiap lengan simpang, akan tetapi yang digunakan adalah lengan simpang yang mengarah lurus dan belok kanan saja. Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung arus jenuh dasar untuk pendekat tipe P (arus terlindung) :

$$S_0 = 600 \times W_C \quad (2.12)$$

Keterangan :

S_0 = Arus Jenuh Dasar

600 = Faktor pengali

W_C = Lebar Pendekat

Dilanjutkan dengan menghitung nilai arus jenuh yang disesuaikan dengan persamaan sebagai berikut :

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \text{ smp/jam} \quad (2.13)$$

Keterangan :

- S_0 = Arus Jenuh Dasar
 F_{CS} = Faktor penyesuaian penduduk kota
 F_{SF} = Faktor penyesuaian hambatan samping
 F_G = Faktor penyesuaian kelandaian
 F_P = Faktor penyesuaian parkir
 F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri
 F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan

Untuk mendapatkan nilai faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) dan belok kiri (F_{LT}) terlebih dahulu dihitung nilai rasio kendaraan belok kanan (P_{RT}) dan belok kiri (P_{LT}) dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_{RT} = \frac{RT \text{ (smp/jam)}}{\text{Total (smp/jam)}} \quad (2.14)$$

$$P_{LT} = \frac{LT \text{ (smp/jam)}}{\text{Total (smp/jam)}} \quad (2.15)$$

Tentukan faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) dan belok kiri (F_{LT}) dengan persamaan sebagai berikut :

$$F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \times 0,26 \quad (2.16)$$

$$F_{LT} = 1,0 + P_{LT} \times 0,26 \quad (2.17)$$

Tabel 2.2 Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS})

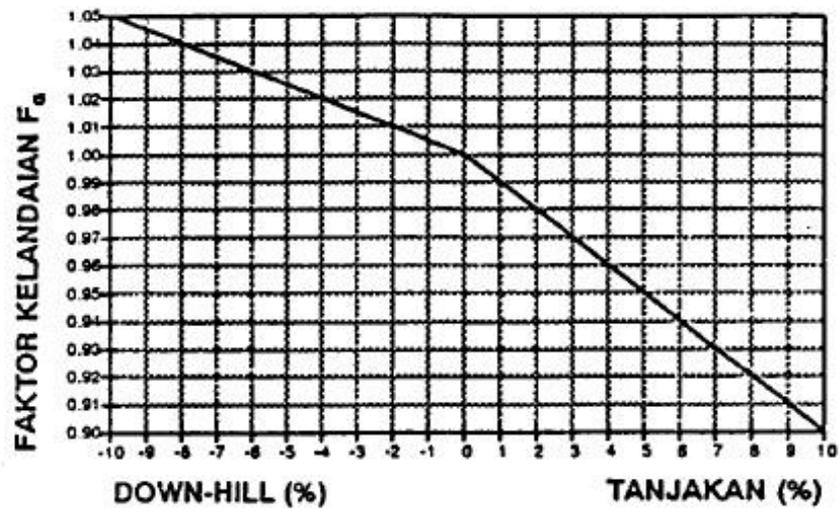
Penduduk kota(Juta Jiwa)	Faktor Penyesuaian ukuran kota (F_{CS})
> 3,0	1,05
1,0 – 3,0	1,00
0,5-1,0	0,94
0,1 – 0,5	0,83
<0,1	0,82

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

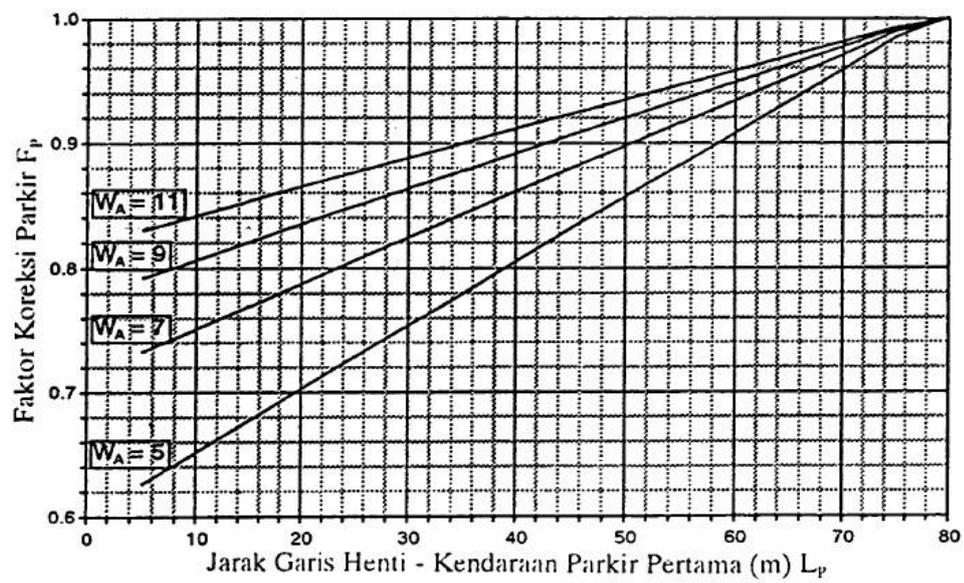
Tabel 2.3 Faktor penyesuaian untuk tipe lingkungan jalan,hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (F_{SF})

Lingkungan jalan	Hambatan Samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	>0,25
Komersial (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	0,90	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	0,93	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/sedang/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 : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997



Grafik 2.1 Faktor penyesuaian untuk kelandaian (F_G)



Grafik 2.2 Faktor penyesuaian untuk parkir (F_p)

2.7.5 Rasio Arus Jenuh

$$FR = Q/S \quad (2.18)$$

Keterangan :

- FR = Rasio Arus
 Q = Volume Kendaraan (smp/jam)
 S = Kejenuhan (smp/jam)

Dilanjutkan dengan menghitung rasio fase (PR) masing – masing fase dengan persamaan sebagai berikut :

$$PR = FR_{\text{arah}} / IFR \quad (2.19)$$

Keterangan :

- PR = Rasio Fase
 FR = Rasio Arus
 IFR = $\sum Y$ maksimum (didapat dari perhitungan waktu siklus)

Setelah mendapatkan rasio arus jenuh, dilanjutkan dengan menghitung waktu hijau setiap lengan simpang, akan tetapi untuk arah lurus dan belok kanan saja dengan persamaan sebagai berikut :

$$g_i = (C_{ua} - LTI) \times PR_i \quad (2.20)$$

Keterangan :

- g_i = Tampilan waktu hijau pada fase I (det)
 C_{ua} = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)
 LTI = Waktu hilang total per siklus
 PR_i = Rasio fase $FR_{\text{CRIT}} / \sum FR_{\text{CRIT}}$

2.7.6 Kapasitas

Dengan demikian perhitungan dilanjutkan dengan menghitung kapasitas setiap lengan simpang, berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung Kapasitas setiap fase:

$$C = S \times g/c \quad (2.21)$$

Keterangan :

- C = Kapasitas setiap lengan simpang
- S = Arus jenuh simpang
- g = Waktu hijau pada setiap lengan simpang
- c = Waktu siklus penyesuaian

Maka dari ditentukannya kapasitas, dihitung derajat kejenuhan (DS) dari masing - masing lengan simpang dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$DS = Q/C \quad (2.22)$$

Keterangan :

- DS = Derajat kejenuhan
- Q = Volume arus lalu lintas setiap lengan (Smp/Jam)
- C = Kapasitas setiap lengan simpang (Smp/Jam)

2.7.7 Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan (*level of service*) adalah ukuran kinerja ruas jalan atau simpang jalan yang dihitung berdasarkan tingkat penggunaan jalan, kecepatan, kepadatan dan hambatan yang terjadi.

Tingkat pelayanan merupakan kondisi operasi yang berbeda yang terjadi pada lajur jalan ketika menampung bermacam – macam volume lalulintas. Dan merupakan ukuran kualitas dari pengaruh faktor aliran lalulintas seperti kecepatan, waktu perjalanan, hambatan, kebebasan manuver, kenyamanan pengemudi dan secara tidak langsung biaya operasi dan kenyamanan (MKJI 1997, Jalan Perkotaan).

Tabel 2.4 Karakteristik Tingkat Pelayanan (LOS)

Tingkat Pelayanan	Karakteristik – karakteristik	Batas lingkup (V/C)
A	Arus bebas ; volume rendah dan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang dikehendaki.	0,00 - 0,20
B	Arus stabil ; kecepatan sedikit terbatas oleh lalu linyas, volume pelayanan yang dipakai untuk desain jalan luar kota.	0,20 - 0,44
C	Arus stabil ; tetapi kecepatan dikontrol oleh lalu lintas, volume pelayanan yang dipakai untuk desain jalan perkotaan.	0,45 - 0,74
D	Arus mendekati tidak stabil ; kecepatan operasi menurun relatif cepat akibat hambatan yang timbul dan kebebasan bergerak relatif kecil.	0,75 - 0,854
E	berbeda - beda terkadang berhenti, volume mendekati kpasitas.	0,85 - 1,00
F	rendah, volume dibawah kapasitas, antrian panjang, dan terjadi hambatan - hambatan yang besar.	>1,00

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.7.8 Panjang Antrian dan Tundaan

Perilaku lalu lintas meliputi panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti dan tundaan yang merupakan hal - hal yang sangat penting dalam kinerja persimpangan, untuk menentukan hasil kerja dari simpang yang sedang dikaji, sebelumnya dihitung rasio hijau untuk masing – masing fase dengan persamaan sebagai berikut :

$$GR = g/c \quad (2.23)$$

Keterangan :

GR = Rasio hijau

g = Waktu hijau (detik)

c = Waktu siklus penyesuaian (detik)

Gunakan hasil perhitungan derajat kejenuhan untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ_1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya.

Untuk $DS > 0,5$:

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \quad (2.24)$$

Keterangan :

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau

C = kapasitas (smp/jam)

Hitung jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2) dengan persamaan berikut :

$$NQ_2 = C \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (2.25)$$

Keterangan :

NQ_2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = Derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau

C = Waktu siklus (det)

Q = arus lalu lintas pada tempat masuk diluar LTOR (smp/jam)

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (2.26)$$

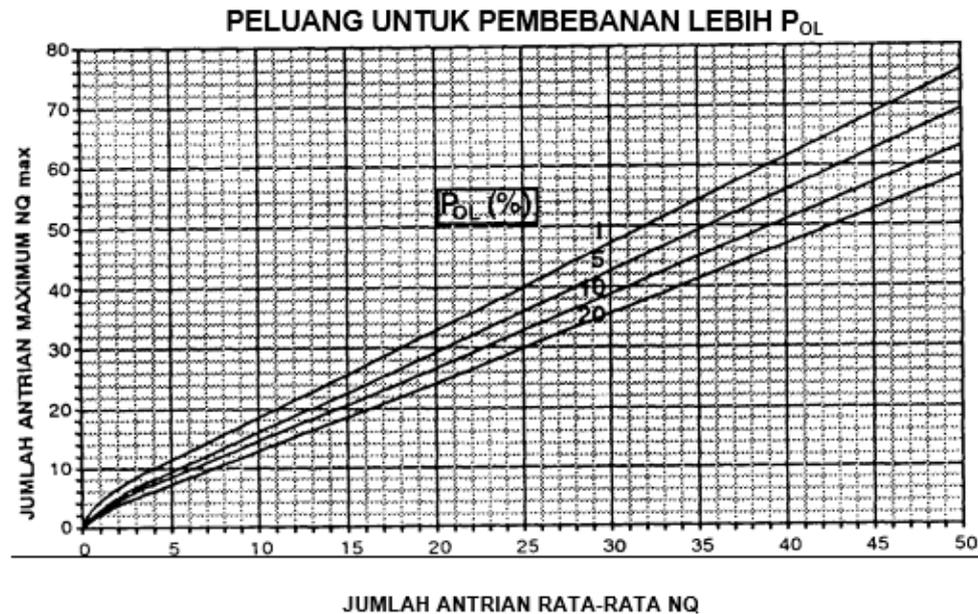
Keterangan :

NQ = Jumlah kendaraan yang mengantri (smp)

NQ_1 = Jumlah sntrian smp yang tersisa dari fase hijau sebelum(smp)

NQ_2 = Jumlah antrian smp yang datang dari fase merah (smp)

Dari Jumlah kendaraan yang mengantri lalu dilanjutkan dengan Jumlah kendaraan mengantri maksimal. Jumlah kendaraan ini didapat dari Grafik E 2-2 dengan Pembebanan lebih PoL 5%. Digunakan angka 5% dikarenakan dalam penelitian ini untuk perancangan dan perencanaan yang disarankan.



Grafik 2.3 Untuk menentukan NQ_{MAX}

Dengan mengalikan NQ_{MAX} dengan luas rata rata yang dipergunakan per smp kemudian dibagi dengan lebar masuk dari mulut simpang. Dan perhitungannya bisa didapat dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}} \quad (2.27)$$

Tahap selanjutnya dilanjutkan dengan menghitung rasio kendaraan stop dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \quad (2.28)$$

Keterangan :

- NS = Rasio kendaraan stop
 NQ = Jumlah kendaraan yang mengantri (smp)
 Q = Volume arus lalu lintas (smp)
 c = Waktu siklus penyesuaian (detik)

Perhitungan selanjutnya adalah menghitung jumlah kendaraan berhenti dari setiap lengan simpang, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$N_{SV} = Q \times NS \quad (2.29)$$

Keterangan :

- N_{SV} = Jumlah kendaraan berhenti (smp)
 Q = Volume arus lalu lintas (smp/jam)
 NS = Rasio kendaraan henti

Tundaan lalu lintas rata rata setiap pendekat (DT) akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan lainnya pada simpang (berdasarkan pada Akceklik 1988), berikut persamaan yang harus digunakan :

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \quad (2.30)$$

Keterangan :

- DT = Tundaan lalu lintas rata-rata
 c = Waktu Siklus yang disesuaikan (detik)
 A = Konstanta
 NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau (smp)
 C = Kapasitas (smp/jam)

Sebelum mendapatkan nilai DG_j , diperlukan lagi nilai rasio kendaraan berhenti di pendekat (P_{sv}), karena nilai tersebut untuk menghitung nilai tundaan geometrik rata-rata (DG_j). Berikut persamaan yang digunakan untuk mendapatkan nilai rasio kendaraan berhenti di setiap pendekat :

$$P_{sv} = N_{sv} / \sum Q \text{ Total} \quad (2.31)$$

Keterangan :

N_{sv} = Jumlah kendaraan terhenti

$\sum Q$ Total = Jumlah volume setiap lengan simpang

Tentukan pula tundaan geometrik rata-rata masing masing pendekat akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran suatu simpang atau ketika dihentikan oleh lampu merah. Hal ini dapat diperhitungkan dengan persamaan sebagai berikut :

$$DG_j = (1 - P_{sv}) \times PT \times 6 + (P_{sv} \times 4) \quad (2.32)$$

Keterangan :

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

P_{sv} = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat

PT = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat

Dari semua tundaan yang ada, maka hasil tersebut dijumlahkan dengan persamaan sebagai berikut :

$$D = DT + DG \quad (2.33)$$

Keterangan :

DT = Jumlah tundaan lalu lintas rata-rata

DG = Jumlah tundaan geometrik rata-rata

Dilanjutkan dengan menentukan jumlah tundaan total, dengan persamaan sebagai berikut

$$\sum D = D \times Q \quad (2.34)$$

Keterangan :

D = Jumlah tundaan rata-rata

Q = Volume arus lalu lintas

Dari semua total tundaan yang telah dijumlahkan dengan total tundaan belok kiri langsung di setiap simpang (LTOR) lalu dibagi dengan jumlah muatan atau volume lalu lintas, maka didapatkan angka tundaan rata-rata dengan rumus sebagai berikut :

$$D_1 = \frac{\sum (D \times Q)}{Q \text{ Total}} \quad (2.35)$$

Keterangan :

D_1 = Tundaan rata-rata seluruh simpang

$Q \text{ Total}$ = Arus total