

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Persimpangan**

Persimpangan merupakan tempat yang rawan terhadap kecelakaan karena dapat terjadi konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya atau antara kendaraan dengan pejalan kaki. Persimpangan merupakan faktor yang penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan, khususnya di daerah perkotaan. Masalah-masalah yang saling terkait pada persimpangan adalah:

- a. Volume dan kapasitas (secara langsung mempengaruhi hambatan)
- b. Desain geometrik dan kebebasan pandang.
- c. Perilaku lalu lintas dan panjang antrian.
- d. Kecepatan.
- e. Pengaturan lampu jalan.
- f. Kecelakaan dan keselamatan.
- g. Parkir.
- h. Jarak antar persimpangan.

Persimpangan dapat dibagi atas 2 (dua) jenis (Morlok, 1991), yaitu:

- a. Persimpangan sebidang (*at grade intersection*)
- b. Persimpangan tak sebidang (*grade separated intersection*)

##### **2.1.1 Persimpangan Sebidang (*At Grade Intersection*)**

Yaitu pertemuan dua atau lebih jalan raya dalam satu bidang yang mempunyai elevasi yang sama. Desain persimpangan ini berbentuk huruf T, huruf Y, persimpangan empat kaki, serta persimpangan berkaki banyak.

Simpang jalan pada pertemuan sebidang ini sangat potensial untuk menjadi :

- Titik pusat konflik lalu lintas, yang saling bertemu.
- Penyebab kemacetan, akibat perubahan kapasitas.
- Tempat terjadinya kecelakaan.

- Konsentrasi kendaraan dan penyeberang jalan.

### **2.1.2 Persimpangan Tak Sebidang (*Grade Separated Intersection/Interchange*)**

Yaitu suatu persimpangan dimana jalan yang satu dengan jalan yang lainnya tidak saling bertemu dalam satu bidang dan mempunyai beda tinggi antara keduanya. Tujuan dari pembangunan simpang tidak sebidang ini adalah untuk menghilangkan konflik dan mengurangi volume lalu lintas yang menggunakan daerah yang digunakan secara bersama-sama, mengurangi hambatan, memperbesar kapasitas, serta menambah keamanan dan kenyamanan. Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan simpang tidak sebidang atau simpang susun antara lain : tipe dan kelas jalan, volume lalu lintas dan pola arus lalu lintas yang akan dilayani, kecepatan rencana, keadaan topografi, tata guna lahan dan pengembangannya, serta manfaat bagi pemakai jalan.

## **2.2 Jenis-Jenis Pergerakan Kendaraan Pada Persimpangan**

Persimpangan adalah simpul pada jaringan jalan dimana jalan-jalan bertemu dan lintasan dari kendaraan saling berpotongan. Untuk menghindari terjadinya konflik antara kendaraan bermotor dengan kendaraan tidak bermotor (sepeda, becak) ataupun konflik antara kendaraan bermotor dengan pejalan kaki, maka persimpangan tersebut hendaknya mampu mengendalikan kecepatan kendaraan yang melalui persimpangan serta mampu mengurangi gerakan kendaraan yang berbahaya. Terdapat empat jenis dasar dari alih gerak kendaraan yang berbahaya, yaitu:



**Gambar 2.1** Jenis-jenis pergerakan

(Sumber: Dirjen Perhubungan Darat, 1999)

Alih gerak yang berpotongan lebih berbahaya dari pada bersilangan, dan secara berurutan lebih berbahaya daripada alih gerak kendaraan yang bergabung dan berpencar. Hal ini disebabkan karena diikuti sertakannya kecepatan-kecepatan relatif yang lebih besar. Sasaran yang harus dicapai pada pengendalian persimpangan antara lain adalah :

1. Mengurangi maupun menghindari kemungkinan terjadinya kecelakaan yang disebabkan oleh adanya titik-titik konflik.
2. Menjaga agar kapasitas persimpangan operasinya dapat seoptimal mungkin.
3. Harus memberikan petunjuk yang jelas dan pasti serta sederhana, dalam mengarahkan arus lalu lintas yang menggunakan persimpangan.

### 2.3 Pengendalian Persimpangan

Pengendalian pergerakan kendaraan pada persimpangan diperlukan agar kendaraan-kendaraan yang melakukan gerakan konflik tidak akan saling bertabrakan. Pengendalian persimpangan dilihat dari segi pandang untuk kontrol kendaraan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

- a. Pengendalian Persimpangan tanpa sinyal.
- b. Pengendalian Persimpangan dengan sinyal.

#### 2.3.1 Pengendalian Persimpangan Tanpa Sinyal

Ketentuan dari aturan lalu lintas pada persimpangan tanpa sinyal lalu lintas sangat mempengaruhi kelancaran pergerakan arus lalu lintas yang saling berpotongan terutama pada persimpangan yang merupakan perpotongan dari

ruas-ruas jalan yang mempunyai kelas jalan yang sama ataupun berbeda. Beberapa pengendalian persimpangan tanpa sinyal, seperti :

a. Pengendalian persimpangan dengan aturan prioritas.

Pada persimpangan dengan aturan prioritas, kendaraan pada jalan utama (mayor) selalu mempunyai prioritas yang lebih tinggi daripada semua kendaraan- kendaraan yang bergerak pada jalan-jalan kecil (minor). Jenis pengendalian persimpangan seperti ini dapat bekerja dengan baik untuk lalu lintas dengan volume rendah, tetapi dapat menimbulkan hambatan yang panjang bagi lalu lintas yang bergerak pada jalan kecil apabila arus lalu lintas pada jalan utama sangat tinggi. Apabila hal ini terjadi, maka para pengemudi kendaraan mulai dihadapkan kepada resiko dan kecelakaan. Meskipun demikian pengendalian persimpangan dengan prioritas merupakan bentuk pengendalian yang paling sederhana dan murah. Pengendalian persimpangan seperti ini juga dilengkapi dengan rambu- rambu lalu lintas, seperti *Yield Sign* dan *Stop Sign*.

b. Pengendalian persimpangan dengan bundaran.

Bundaran merupakan salah satu alternatif lain dari pengendalian persimpangan tanpa sinyal, dimana hal ini mengendalikan lalu lintas dengan cara membelokkan kendaraan-kendaraan dari suatu lintasan yang lurus sehingga akan memperlambat kecepatannya. Dapat juga dengan cara membatasi alih gerak (*manouver*) kendaraan menjadi pergerakan berpencar (*diverging*), bergabung (*merging*), serta bersilangan (*weaving*). Bundaran dapat memperlambat kecepatan kendaraan- kendaraan tetapi tidak akan menghambat kendaraan-kendaraan tersebut seperti halnya ketika berhenti disaat lampu menyala merah. Teknik ini khususnya akan sangat berguna jika digunakan pada ujung jalan yang berkecepatan tinggi dan merupakan titik pertemuan lebih dari empat ruas jalan.

### 2.3.2 Pengendalian Persimpangan Dengan Sinyal

Persimpangan ini diatur sesuai sistem dengan tiga aspek lampu yaitu merah, kuning, dan hijau. Persimpangan bersinyal umumnya dipergunakan

dengan beberapa alasan antara lain :

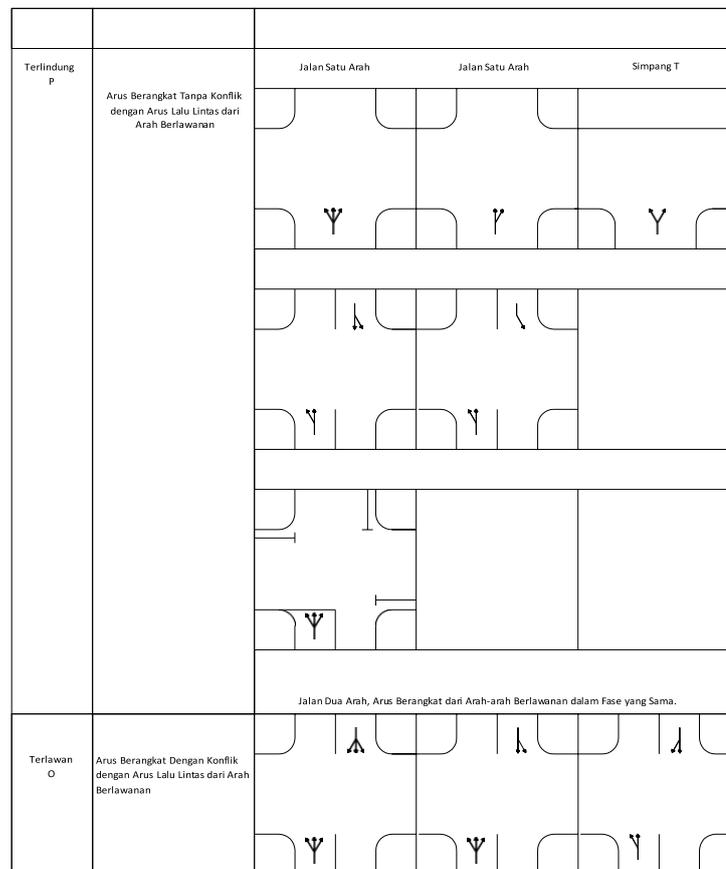
- a. Menghindari kemacetan simpang serta mengurangi jumlah kecelakaan akibat adanya konflik arus lalu lintas yang saling berlawanan sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak.
- b. Untuk memberi kesempatan kepada para pejalan kaki untuk dengan aman dapat menyeberang.

## **2.4 Pendekat ( *approach* )**

Pendekat adalah daerah dari lengan persimpangan jalan untuk kendaraan mengantri sebelum keluar melewati garis henti. (Departemen Pekerjaan Umum, 1997). Faktor-faktor yang diperhatikan dalam pendekat adalah tipe pendekat, lebar pendekat, lebar masuk, lebar keluar, dan lebar pendekat efektif.

### **2.4.1 Tipe Pendekat**

Pada suatu simpang, harus dilihat kondisi yang berlaku, apakah simpang termasuk kondisi terlindung atau terlawan. Jika arus yang berangkat tanpa konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan, maka pendekat tersebut disebut sebagai pendekat tipe P (terlindung). Sedangkan jika arus yang berangkat dengan konflik atau terjadi konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan, maka pendekat tersebut disebut sebagaipendekat tipe O (terlawan).



Gambar 2.2 Penentuan Tipe Pendekat.

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1997 )

#### 2.4.2 Lebar Pendekat

Lebar pendekat ( $W_A$ ) adalah lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, diukur dibagian tersempit disebelah hulu. (Departemen Pekerjaan Umum, 1997).

#### 2.4.3 Lebar Masuk

Lebar masuk ( $W_{masuk}$ ) adalah lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, diukur pada garis henti. (Departemen Pekerjaan Umum, 1997).

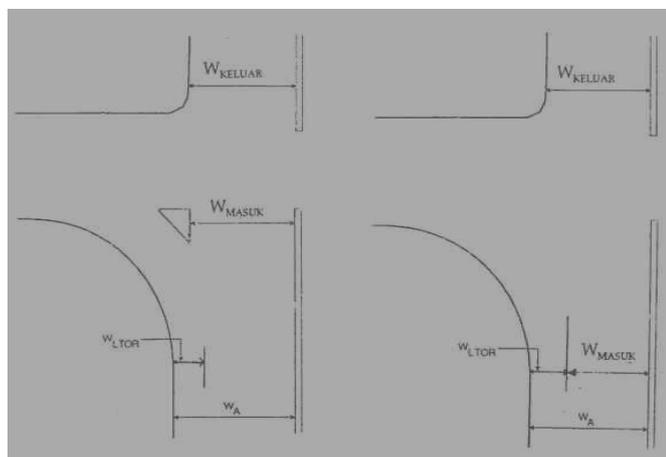
#### 2.4.4 Lebar Keluar

Lebar keluar ( $W_{keluar}$ ) adalah lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, yang digunakan oleh lalu lintas buangan setelah melewati persimpangan jalan.

(Departemen Pekerjaan Umum, 1997).

#### 2.4.5 Lebar Pendekat Efektif

Adalah lebar dari bagian pendekat yang yang diperkeras yang dipergunakan dalam perhitungan kapasitas. Lebar pendekat efektif ( $W_e$ ) dapat dihitung untuk pendekat dengan pulau lalu lintas atau untuk pendekat tanpa pulau lalu lintas, yaitu ditentukan berdasarkan data dari lebar pendekat ( $W_a$ ), lebar masuk ( $W_{masuk}$ ), lebar keluar ( $W_{keluar}$ ), dan gerakan lalu lintas membelok ( $W_{LTOR}$ ).



Gambar 2.3 Penentuan Tipe Lebar Pendekat.

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1997 )

Penentuan lebar efektif untuk semua tipe pendekat (P dan O)

- Jika  $W_{LTOR} \geq 2$  m, dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan yang belok kiri boleh langsung, dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan dalam pendekat selama sinyal merah.

$$W_e = W_a - W_{LTOR} \text{ atau } W_e = W_{entry} \dots (2.1)$$

- Jika  $W_{LTOR} < 2$  m, dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan yang belok kiri boleh langsung, tidak dapat mendahului antrian kendaraan lainnya dalam pendekat selama sinyal merah.

$$W_e = W_A \text{ atau } W_e = W_{\text{entry}} + W_{\text{LTOR}} \text{ atau } W_e = W_A (1 + \text{PLTOR}) - W_{\text{LTOR}} \dots \quad (2.2)$$

dimana :

$W_e$  = Lebar efektif (m)

$W_{\text{entry}}$  = Lebar masuk (m)

$W_{\text{exit}}$  = Lebar keluar (m)

$W_A$  = Lebar pendekat (m)

$W_{\text{LTOR}}$  = Lebar pendekat dengan belok kiri langsung (m)

$\text{PLTOR}$  = Rasio belok kiri langsung

## 2.5 Ekivalensi Mobil Penumpang (emp)

Ekivalensi mobil penumpang (emp) adalah faktor konversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas. (Departemen Pekerjaan Umum, 1997).

Dalam hal ini ditentukan arus lalu lintas dalam smp/jam bagi masing-masing jenis kendaraan (konversi kendaraan terhadap satuan mobil penumpang) menggunakan emp, seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Faktor emp

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

( Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1997 )

## 2.6 Klasifikasi Kendaraan

Klasifikasi kendaraan dibagi menjadi dua yaitu kendaraan bermotor dan

kendaraan tidak bermotor. Kendaraan bermotor diklasifikasikan lagi menjadi tiga kelompok yaitu kendaraan ringan, kendaraan berat, dan sepeda motor.

1. Kendaraan Ringan (KR)

Kendaraan Ringan atau *Light Vehicle* (LV) adalah kendaraan bermotor yang memiliki 2 (dua) as dengan 4 (empat) roda dan jarak as berkisar antara 2,0-3,0 m. kendaraan ringan meliputi : mobil penumpang (kendaraan pribadi), oplet, mikrobis, pick-up, dan truk kecil sesuai sitem klasifikasi Bina Marga.

2. Kendaraan Berat (KB)

Kendaraan Berat atau *Heavy Vehicle* (HV) adalah kendaraan bermotor dengan lebih dari 4 (empat) roda. Kendaraan berat meliputi : bis, truk 2 as, truk 3 as, dan truk kombinasi sesuai klasifikasi sistem Bina Marga.

3. Sepeda Motor (SM)

Sepeda Motor atau *Motor Cycle* (MC) adalah kendaraan bermotor dengan 2 (dua) atau 3 (tiga) roda. Sepeda motor meliputi : sepeda motor dan kendaraan roda 3 sesuai sistem klasifikasi Bina Marga.

4. Kendaraan Tak Bermotor atau *Unmotorized* (UM)

Kendaraan Tak Bermotor atau *Unmotorized* (UM) adalah kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh orang atau hewan. Kendaraan tak bermotor meliputi : sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong sesuai sistem klasifikasi Bina Marga. Kendaraan tak bermotor tidak dianggap sebagai bagian dari arus lalu lintas tetapi sebagai unsur hambatan samping.

## 2.7 Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang

Waktu antar hijau (IG) adalah matinya lampu hijau pada satu fase dan nyalanya lampu hijau pada fase berikutnya diperoleh dari penjumlahan waktu merah semua dengan waktu kuning antara dua fase yang berurutan. (Departemen Pekerjaan Umum, 1997). Untuk analisis operasional dan perencanaan disarankan untuk membuat suatu perhitungan rinci waktu antar hijau (*intergreen*) untuk waktu pengosongan dan waktu hilang. Pada analisa yang dilakukan bagi keperluan perancangan, waktu antar hijau (kuning + merah semua) dapat

dianggap sebagai nilai normal.

Tabel 2.2 Nilai Normal Waktu Antar Hijau

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

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1997)

Waktu hilang (LTI) adalah jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap. Waktu hilang juga dapat diperoleh dari beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau dalam semua fase yang berurutan. (Departemen Pekerjaan Umum, 1997). Perhitungan waktu hilang menggunakan Persamaan 2.2.

$$LTI = \sum ( \text{Merah Semua} + \text{Kuning} ) i = \sum Igi \quad (2.3)$$

Panjang waktu kuning pada sinyal lalu lintas perkotaan di Indonesia biasanya adalah 3,0 detik. (Departemen Pekerjaan Umum, MKJI, 1997).

## 2.8 Waktu Siklus

Waktu siklus adalah waktu urutan lengkap dari indikasi sinyal dalam satuan detik. (Departemen Pekerjaan Umum, 1997). Waktu siklus sebelum penyesuaian (cua) dihitung dengan Persamaan 2.4.

$$cua = \frac{(1,5LTI + 5)}{(1 - IFR)} = \frac{(1,5LTI + 5)}{(1 - \sum FR_{crit})} \quad (2.4)$$

dimana:

cua = panjang/waktu siklus (detik)

LTI = jumlah waktu yang hilang setiap siklus (detik)

FR<sub>crit</sub> = nilai tertinggi rasio arus dari seluruh pendekat yang terhenti

pada suatu fase.  $IFR = \text{Rasio arus simpang} = \text{Jumlah } FR_{crit} \text{ dari seluruh fase pada simpang.}$

Waktu siklus yang didapat kemudian disesuaikan dengan waktu siklus yang direkomendasikan, seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Pengaturan Waktu Siklus

<b>Tipe Pengaturan</b>	<b>Waktu Siklus yang Layak (detik)</b>
2 (dua) fase	40 - 80
3 (tiga) fase	50 - 100
4 (empat) fase	80 - 130

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1997)

Jika waktu siklus lebih rendah dari nilai yang disarankan, akan menyebabkan kesulitan bagi para pejalan kaki untuk menyeberang jalan. Waktu siklus yang melebihi 130 detik harus dihindari kecuali pada kasus sangat khusus (simpang sangat besar), karena hal itu sering kali menyebabkan kerugian dalam kapasitas keseluruhan. Jika perhitungan menghasilkan waktu siklus yang jauh lebih tinggi dari pada batas yang disarankan, maka hal ini menandakan bahwa kapasitas dari denah simpang tersebut adalah tidak mencukupi. Waktu siklus yang disesuaikan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.5.

$$c = \sum g + LTI \quad (2.5)$$

dimana:

$c$  = waktu siklus

$g$  = waktu hijau tiap fase (detik)

$LTI$  = jumlah waktu yang hilang setiap siklus (detik)

## 2.9 Waktu Hijau

Waktu hijau adalah waktu nyala hijau dalam suatu pendekat dalam satuan detik. (Departemen Pekerjaan Umum, 1997). Waktu hijau dapat dihitung dengan

menggunakan Persamaan 2.6.

$$g_i = (cua - LTI) \times PR_i \quad (2.6)$$

dimana :

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

$cua$  = waktu siklus sebelum penyesuaian (detik)

$LTI$  = jumlah waktu yang hilang setiap siklus (detik)

$PR_i$  = rasio fase

Siklus hijau yang lebih pendek dari 10 detik harus dihindari, karena dapat mengakibatkan pelanggaran lampu merah yang berlebihan dan kesulitan bagi pejalan kaki untuk menyeberang jalan, dan bila disesuaikan harus dimasukkan dalam waktu siklus.

## 2.10 Rasio Arus (FR)

Rasio arus (FR) merupakan perbandingan antara arus lalu lintas dan arus jenuh nyata (S). Rasio arus dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.7.

$$FR = \frac{Q}{S} \quad (2.7)$$

dimana:

$FR$  = Rasio arus (smp/jam)

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

$S$  = arus jenuh nyata (smp/jam hijau)

Nilai kritis  $FR_{crit}$  (maksimum) dari rasio arus yang ada dihitung rasio arus pada simpang dengan penjumlahan rasio arus kritis tersebut menggunakan Persamaan 2.8.

$$IFR = \sum (FR_{crit}) \quad (2.8)$$

Perlu diperhatikan:

- a. Jika  $LTOR$  harus dikeluarkan dari analisa, maka hanya gerakan-gerakan lurus dan belok kanan saja yang dimasukkan dalam nilai  $Q$ .

b. Jika  $W_e = W$  keluar, maka hanya gerakan lurus saja yang dimasukkan dalam nilai  $Q$ .

**2.11 Fase Rasio (PR)**

Fase rasio merupakan perbandingan antara rasio arus kritis dengan rasio arus simpang dan juga merupakan persentase dari alokasi waktu hijau. Fase rasio dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.9.

$$PR = \frac{FR_{crit}}{IFR} = \frac{FR_{crit}}{\Sigma(FR_{crit})} \dots\dots\dots(2.9)$$

PR = rasio fase  
 FRcrit = nilai tertinggi rasio arus dari seluruh pendekat yang terhenti pada suatu fase. IFR =  $\Sigma$  FRcrit dari seluruh fase pada simpang = Rasio arus simpang

**2.12 Arus Jenuh**

**2.12.1 Arus Jenuh Dasar (So)**

Arus jenuh dasar adalah besarnya keberangkatan antrian didalam pendekat dalam kondisi ideal, terbagi atas 2 tipe yaitu:

1. Arus Jenuh Terlindung (P)

Arus jenuh terlindung adalah arus berangkat dari pendekat tanpa konflik dengan arus lalu lintas yang berlawanan. Untuk pendekat terlindung, arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat ( $W_e$ ) yaitu sesuai dengan Persamaan 2.10 sebagai berikut :

$$So = 600 \frac{We}{10} \dots\dots\dots(2.10)$$

2. Arus Jenuh Terlawan (O)

Arus jenuh terlawan adalah arus berangkat dari pendekat yang ada konflik langsung dengan arus lalu lintas yang berlawanan. Arus Jenuh Dasar ditentukan berdasarkan grafik dibawah ini :

Arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar pendekat efektif ( $W_e$ ) dan arus belok kanan pada pendekat tersebut. Kemudian dilakukan penyesuaian untuk kondisi sebenarnya sehubungan dengan ukuran kota, hambatan samping, kelandaian, dan parkir.

### 2.12.2 Arus Jenuh Nyata (S)

Arus jenuh nyata adalah besarnya keberangkatan antrian pada suatu pendekat selama waktu hijau efektif sesuai dengan kondisi lalu lintas, geometrik, dan lingkungan yang ada. Arus jenuh nyata ditentukan menggunakan Persamaan 2.11.

$$S = S_o \times FCS \times FSF \times FG \times FP \times PRT \times PLT \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

- $S_o$  = Arus jenuh dasar (smp/jam/waktu hijau)
- $FCS$  = Faktor koreksi ukuran kota
- $FSF$  = Faktor lingkungan atau penyesuaian hambatan samping
- $FG$  = Faktor penyesuaian kelandaian atau gradient
- $FP$  = Faktor penyesuaian parkir tepi jalan
- $PRT$  = Faktor penyesuaian belok kanan
- $PLT$  = Faktor penyesuaian belok kiri

## 2.13 Faktor-Faktor Penyesuaian Arus Jenuh

Faktor penyesuaian untuk nilai dasar arus jenuh untuk kedua tipe pendekat P dan O terdiri dari :

### 2.13.1 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)

Yaitu ukuran besarnya jumlah penduduk yang tinggal dalam suatu daerah perkotaan. Faktor penyesuaian ukuran kota ditentukan dari tabel seperti terlihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota ( Fcs )

<b>Jumlah Penduduk Dalam Kota</b>	<b>Fcs</b>
3 juta orang	1.05
1 juta – 3 juta orang	1.00
0.5 juta – 1 juta orang	0.94
100 ribu – 0.5 juta orng	0.93
< 100 ribu orang	0.82

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1997 )

### 2.13.2 Faktor Penyesuaian Lingkungan atau Hambatan Samping (Fsf)

Yaitu interaksi antara arus lalu lintas dan kegiatan di samping jalan yang menyebabkan pengurangan terhadap arus jenuh di dalam pendekat.

Tabel 2.5 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping atau *side friction* ( Fsf )

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0.00	0.05	0.1	0.15	0.2	$\geq 0.25$
Komersil (COM)	Tinggi	Terlawan	0.93	0.88	0.84	0.79	0.74	0.7
		Terlindung	0.93	0.91	0.88	0.87	0.85	0.81
	Sedang	Terlawan	0.94	0.89	0.85	0.8	0.75	0.71
		Terlindung	0.94	0.92	0.89	0.88	0.86	0.82

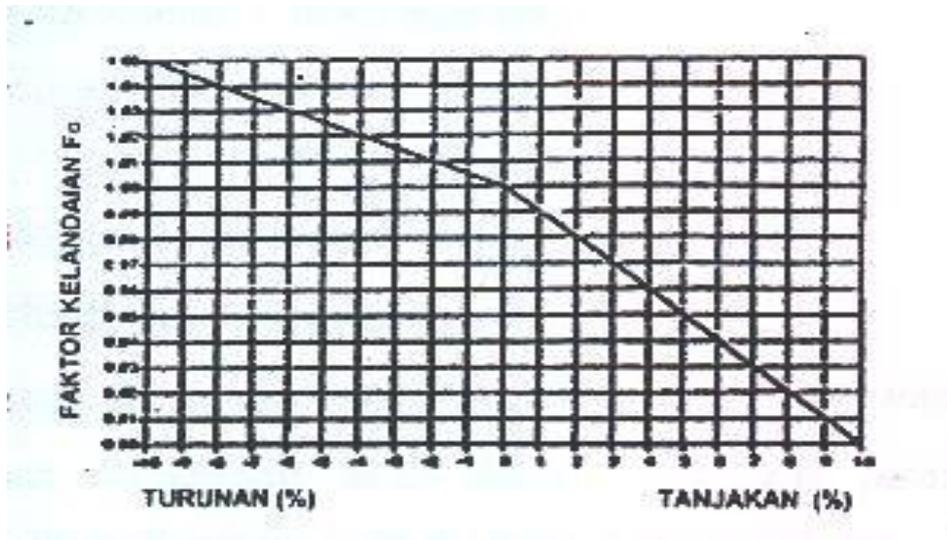
	Rendah	Terlawan	0.95	0.9	0.86	0.81	0.76	0.72
		Terlindung	0.95	0.93	0.9	0.89	0.87	0.83
Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
	Tinggi	Terlawan	0.96	0.91	0.86	0.81	0.78	0.72
		Terlindung	0.96	0.94	0.92	0.89	0.86	0.84

Pemukiman (RES)	Sedang	Terlawan	0.97	0.92	0.87	0.82	0.79	0.73
		Terlindung	0.07	0.95	0.93	0.9	0.87	0.85
	Rendah	Terlawan	0.98	0.93	0.88	0.83	0.8	0.74
		Terlindung	0.98	0.96	0.94	0.91	0.88	0.86
Akses terbatas (RA)	Tinggi/Seda	Terlawan	1.00	0.95	0.9	0.85	0.8	0.75
	ng/Rendah	Terlindung	1.00	0.98	0.95	0.93	0.9	0.88

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1997)

### 2.13.3 Faktor Penyesuaian Kelandaian Pendekat atau Gradient (FG)

Pada pendekat dengan gradient positif (naik), maka arus jenuh berkurang. Sebaliknya pada persimpangan yang menurun, maka arus jenuh meningkat. Faktor penyesuaian kelandaian pendekat atau gradient ditentukan dengan menggunakan Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Faktor Penyesuaian Untuk Kelandaian

(Sumber : Departement Pekerjaan Umum, 1997)

#### 2.13.4 Faktor Penyesuaian Jarak Parkir Tepi Jalan (Fp)

Factor penyesuaian parker ditentukan sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai kendaraan yang diparkir pertama dan lebar pendekat ( $W_a$ ). Ini tidak perlu diterapkan jika lebar efektif ditentukan oleh lebar keluar.

$F_p$  juga dapat dihitung dengan rumus berikut, yang mencakup pengaruh panjang waktu hijau :

$$F_p = [L_p/3 - (W_a - 2) \times (L_p/3 - g) / W_a] / g \dots\dots\dots$$

(2.12)

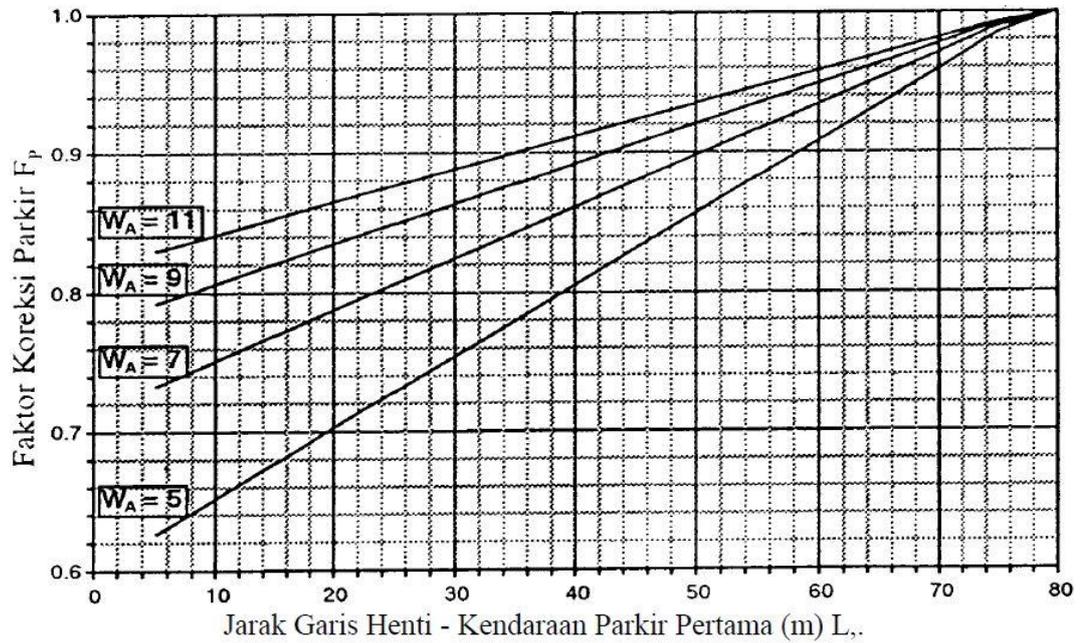
Dimana :

$L_p$  = Jarak antar garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m)

$W_a$  = Lebar pendekat (m)

$g$  = Waktu hijau pada pendekat (nilai normal 26 det)

$F_p$  juga dapat dicari dengan grafik pada gambar 2.4



Gambar 2.5 Faktor Penyesuaian Untuk Pengaruh Parkir

(Sumber : Departement Pekerjaan Umum, 1997)

**2.13.5 Faktor Penyesuaian Belok Kanan (Frt)**

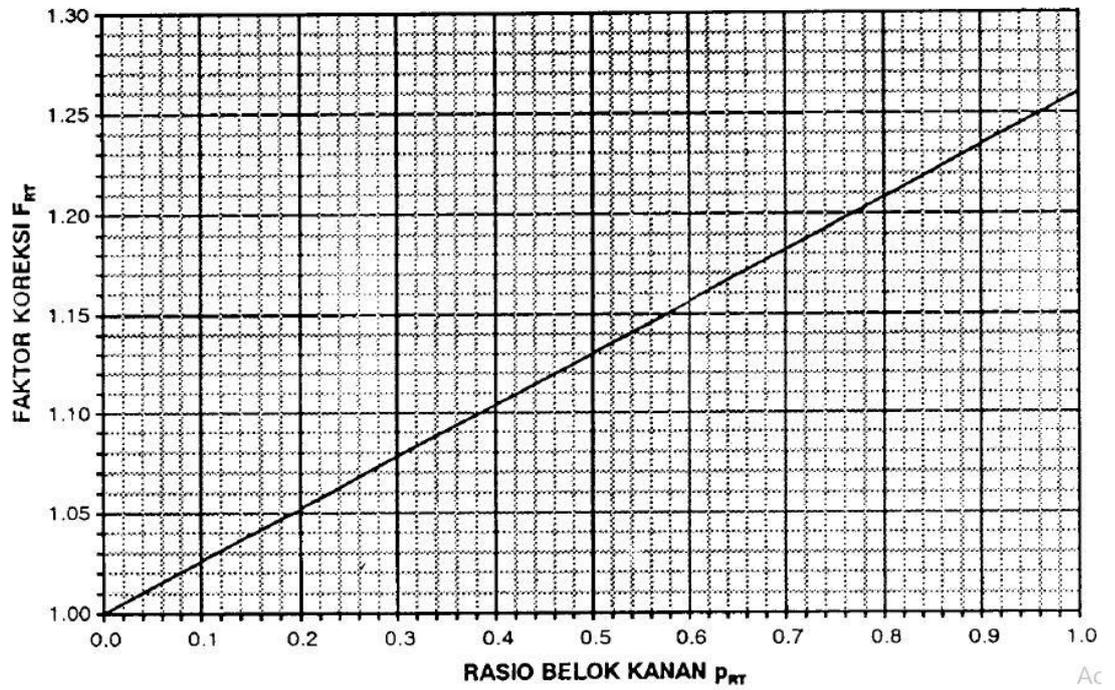
Faktor koreksi terhadap arus belok kanan pada pendekat yang ditinjau, dapat dihitung dengan Persamaan 2.13, sebagai berikut :

$$Frt = 1 + Prt \times 0.26 \dots\dots\dots(2.13)$$

dimana :

Frt = faktor belok kanan

Prt = prosentase arus belok kanan pada pendekat yang ditinjau.



Gambar 2.6 Faktor Penyesuaian Untuk Belok Kanan

(Sumber : Departement Pekerjaan Umum, 1997)

**2.13.6 Faktor Belok Kiri (Flt)**

Pengaruh arus belok kiri dapat dihitung menggunakan Persamaan

2.14, sebagai berikut :

$$Flt = 1 - Plt \times 0.16$$

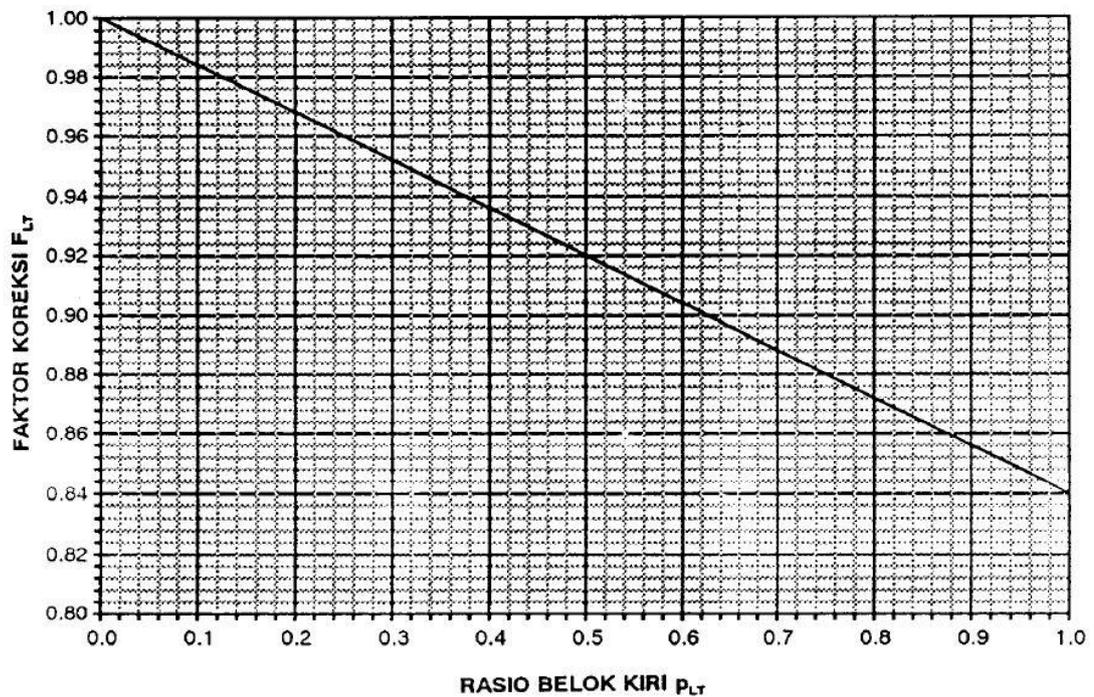
.....(2.

14)

dimana :

Flt = faktor belok kiri

Plt = prosentase belok kiri pada pendekat



Gambar 2.7 Faktor Penyesuaian Untuk Belok Kiri

(Sumber : Departement Pekerjaan Umum, 1997)

## 2.14 Kapasitas Persimpangan

Kapasitas sistem jaringan jalan perkotaan tidak saja dipengaruhi oleh kapasitas ruas jalannya tetapi juga oleh kapasitas setiap persimpangannya (baik yang diatur oleh lampu lalu lintas maupun tidak). Bagaimana pun baiknya kinerja ruas jalan dari sistem jaringan jalan, jika kinerja persimpangannya sangat rendah maka kinerja seluruh sistem jaringan jalan tersebut akan menjadi rendah pula. Kapasitas suatu persimpangan dalam sebuah jaringan jalan akan menentukan besar volume lalu lintas yang dapat didukung oleh jaringan jalan tersebut secara keseluruhan. Persimpangan sebagai pusat penyempitan sering membawa dampak kemacetan lalu lintas.

Kapasitas persimpangan adalah kemampuan persimpangan untuk menampung volume lalu lintas ideal per satuan waktu dinyatakan dalam kend/jam atau smp/jam. Langkah ini meliputi penentuan kapasitas masing-masing pendekatan dan pembahasan perubahan-perubahan yang harus dilakukan jika kapasitas tidak

mencukupi. Kapasitas pada simpang dihitung pada setiap pendekat ataupun kelompok lajur didalam suatu pendekat. Kapasitas pendekat adalah nilai maksimum dari arus lalu lintas yang ada. Kapasitas pendekat pada simpang dengan lampu lalu lintas didasarkan pada konsep arus jenuh, yaitu arus yang melalui pendekat simpang atau kelompok lajur, dengan alasan bahwa waktu berlaku adalah 100% waktu hijau efektif. Kapasitas simpang dinyatakan dalam Persamaan 2.15, sebagai berikut :

$$C = S \times \frac{g}{c} \quad (2.15)$$

dimana:

C = kapasitas (smp/jam)

S = arus jenuh nyata (smp/jam hijau) g = waktu hijau (detik)

c = panjang/waktu siklus (detik)

Hal terpenting dalam konsep kapasitas adalah derajat kejenuhan yaitu perbandingan arus lalu lintas dan kapasitas. Dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.16, sebagai berikut:

$$DS = Q/C \quad (2.16)$$

dimana:

DS = derajat kejenuhan

Q = arus lalu lintas (smp/jam) C = kapasitas (smp/jam)

Nilai DS bervariasi dari 1,00 dimana arus lalu lintas sama dengan kapasitas, sampai dengan 0,00, bila arus lalu lintas adalah 0. Nilai DS yang lebih besar dari 1 menunjukkan adanya ketidakmampuan kapasitas simpang dalam melayani arus lalu lintas yang ada, atau dengan kata lain proyeksi arus lalu lintas melampaui kapasitas simpang yang ada.

### 2.15 Kinerja Persimpangan

Ukuran dari tingkat kinerja pada persimpangan dapat ditentukan berdasarkan

panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti, dan tundaan sebagaimana dijelaskan dibawah ini:

1. Panjang antrian (*queueing length*)

Panjang antrian adalah banyaknya kendaraan yang berada pada persimpangan tiap jalur saat lampu merah menyala. Parameter ini digunakan untuk perencanaan pengendalian parkir tepi jalan atau tempat pemberhentian angkutan umum, panjang kebutuhan pelebaran persimpangan, dan panjang kebutuhan lebar belok kiri boleh langsung. Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, maka persamaan yang digunakan dalam menentukan rata-rata panjang antrian adalah :

Jumlah antrian smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ1): Untuk derajat kejenuhan (DS) > 0,5 menggunakan Persamaan 2.17

$$NQ1 = 0,25 \times C \times \left[ (DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \dots\dots (2.17)$$

Untuk  $DS \leq 0,5$  ;  $NQ1 = 0$  ..... (2.18)

Untuk derajat kejenuhan  $DS < 0,5$  menggunakan Persamaan 2.18.

Dimana:

NQ1 = Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

C = Kapasitas (smp/jam)

DS = Derajat kejenuhan

Untuk rasio hijau dapat dihitung dengan formula :

$$GR = g/c \dots\dots\dots$$

(2.19)

c = waktu siklus

g = waktu hijau tiap fase (detik)

Jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ2) dihitung dengan formula:

$$NQ2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \dots\dots\dots$$

(2.20)

Dimana:

$NQ2$  = Jumlah antrian smp yang datang selama fase merah

$c$  = Waktu siklus (detik)

$GR$  =  $g/c$  (Rasio Hijau)

$DS$  = Derajat kejenuhan

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

Untuk antrian total ( $NQ$ ) dihitung dengan menjumlahkan kedua hasil tersebut yaitu  $NQ1$  dan  $NQ2$ :

$$NQ = NQ1 + NQ2 \dots\dots\dots$$

(2.21)

Dimana:

$NQ$  = Jumlah rata – rata antrian smp pada awal sinyal hijau

$NQ1$  = Jumlah antrian smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

$NQ2$  = Jumlah antrian smp yang datang selama fase merah

Untuk menghitung panjang antrian ( $QL$ ) dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$QL = \frac{NQ \times 20}{W_{masuk}} \dots\dots\dots$$

(2.22)

Dimana:

$QL$  = Panjang antrian

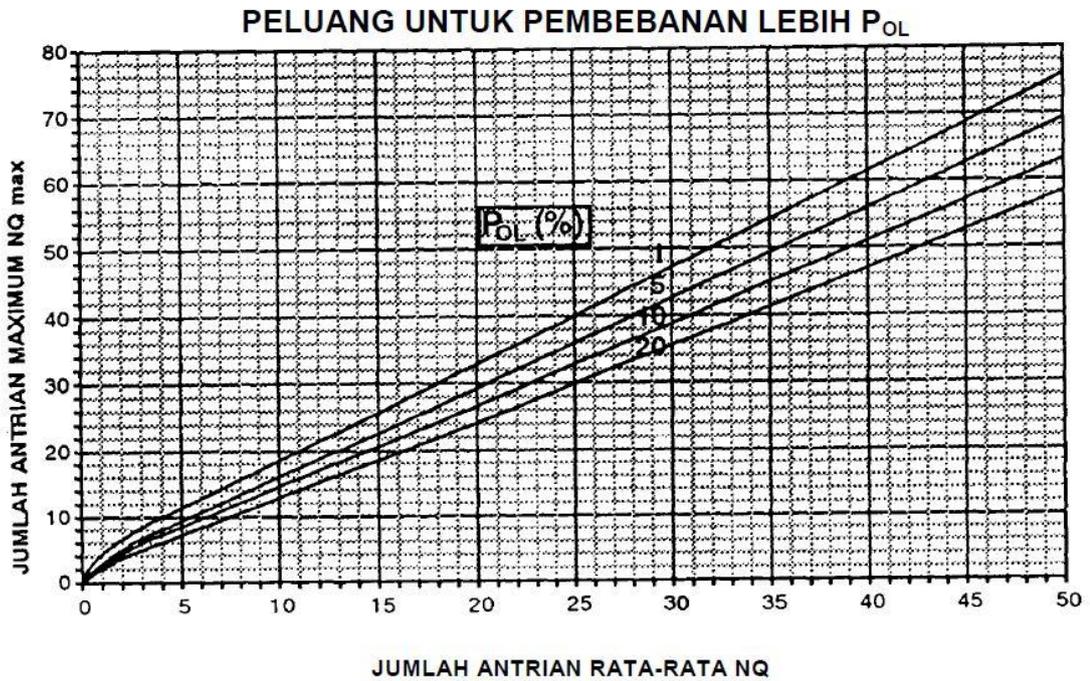
$NQ_{max}$  = Jumlah antrian

$W_{masuk}$  = Lebar masuk

Untuk perencanaan dan desain disarankan  $POL < 5\%$ . Untuk pelaksanaan

$POL = 5-10\%$  masih dapat diterima. Pada perhitungan ini kami mengambil

$POL = 5\%$ .



Gambar 2.8 Perhitungan Jumlah Antrian Maksimum (NQMAX)

(Sumber : Departement Pekerjaan Umum, 1997)

2. Kendaraan Terhenti

Kendaraan terhenti atau angka henti (NS) masing-masing pendekat adalah jumlah kendaraan berhenti rata-rata per kendaraan (smp), ini termasuk henti berulang sebelum melewati garis stop persimpangan. Dihitung menggunakan Persamaan 2.23 sebagai berikut :

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \dots\dots\dots$$

(2.23)

Dimana:  $\Sigma g + LTI$

NS = Angka henti

NQ = Jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

c = Waktu siklus(det)

Perhitungan jumlah kendaraan terhenti (NSV) masing – masing pendekat menggunakan formula sebagai berikut:

$$NSV = Q \times NS \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana:

NSV = Jumlah kendaraan terhenti

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

NS = Angka henti

Adapun perhitungan untuk angka henti total seluruh simpang dihitung dengan rumus:

$$NStotal = \sum NSV / \sum Q \dots\dots\dots (2.25)$$

Dimana:

NStotal = Angka henti total seluruh simpang

$\sum NSV$  = Jumlah kendaraan terhenti

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

### 3. Tundaan (*delay*)

Tundaan merupakan waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui suatu simpang (MKJI, 1997). Tundaan terdiri dari:

1. Tundaan lalu lintas

Tundaan lalu lintas adalah waktu yang disebabkan interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang bertentangan. Tundaan lalu lintas rata –rata tiap pendekat dihitung dengan menggunakan formula:

$$A = 0,5 \times (1-GR)^2 / (1-GR \times DS) \dots\dots\dots (2.26)$$

(2.26)

$$DT = c \times A + \frac{NQ1 \times 3600}{c} \dots\dots\dots (2.27)$$

(2.27)

Dimana:

DT = Rata-rata tundaan lalu lintas tiap pendekat (detik/smp)

c = Waktu siklus yang disesuaikan (detik)

$A = 0,5 \times (1-GR)^2 / (1-GR \times DS)$

NQ1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

## 2. Tundaan geometri

Tundaan geometri disebabkan oleh perlambatan dan percepatan kendaraan yang membelok di samping atau yang terhenti oleh lampu merah. Tundaan geometrik rata-rata (DG) masing – masing pendekat dihitung dengan menggunakan formula:

$$DG_j = (1 - PSV) \times PT \times 6 + (PSV \times 4) \dots\dots\dots$$

(2.27)

Dimana:

PSV = Rasio kendaraan berhenti pada pendekat =  $\text{Min}(NS, 1)$

PT = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat

Tundaan rata – rata tiap pendekat (D) adalah jumlah dari tundaan lalu lintas rata-rata dan tundaan geometrik masing – masing pendekat:

$$D = DT + DG \dots\dots\dots$$

(2.28)

Dimana:

D = Tundaan rata-rata tiap pendekat

DT = Rata-rata tundaan lalu lintas tiap pendekat (detik/smp)

DG = Rata-rata tundaan geometrik tiap pendekat (detik/smp)

Untuk menghitung tundaan total pada simpang adalah:

$$D_{tot} = D \times Q \dots\dots\dots$$

(2.29)

Dimana:

D = Tundaan rata-rata tiap pendekat

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

Untuk menghitung tundaan simpang rata-rata adalah:

$$D = \Sigma Dt_{tot} / \Sigma Q \dots\dots\dots$$

(2.30)

Dimana:

D = Tundaan rata-rata tiap pendekat

D<sub>tot</sub> = Tundaan Total semua pendekat

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

### 2.16 Tingkat Pelayanan Persimpangan (*level of service*)

Tingkat pelayanan persimpangan adalah suatu ukuran kualitatif yang memberikan gambaran dari pengguna jalan mengenai kondisi lalu lintas. Tundaan dijadikan indikator utama dalam menentukan tingkat pelayanan. Pada analisis kapasitas didefinisikan enam (6) tingkat pelayanan dari tingkat pelayanan A sampai F. Hubungan tundaan (*delay*) dengan tingkat pelayanan sebagai acuan penilaian persimpangan, dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Hubungan Tundaan Dengan Tingkat Pelayanan

Tundaan(detik/smp)	Tingkat Pelayanan
< 5,0	A
5,1 - 15,0	B
15,1 - 25,0	C
25,1 - 40,0	D
40,1 - 60,0	E
> 60	F

(Sumber: Highway Capacity Manual, Transportation Research Board National Research Council Special Report 209, 1994)

- Tingkat pelayanan A berarti operasi pada simpang memiliki tundaan yang sangat rendah, kurang dari 5,0 detik per kendaraan. Hal ini terjadi bila sebagian besar kendaraan datang pada saat hijau sehingga

banyak kendaraan yang tidak berhenti. Panjang siklus yang pendek juga dapat menghasilkan tundaan rendah.

- Tingkat pelayanan B berarti operasi pada simpang memiliki tundaan dalam rentang 5,1 – 15,0 detik per kendaraan. Biasanya hal ini terjadi bila panjang siklus pada simpang pendek. Kendaraan berhenti lebih banyak dari tingkat pelayanan A, menghasilkan tundaan rata-rata sedang dan tidak terjadi kemacetan.
- Tingkat pelayanan C berarti operasi pada simpang memiliki tundaan dalam rentang 15,0 – 25,0 detik per kendaraan. Tundaan yang lebih besar ini dihasilkan oleh siklus yang lebih panjang. Pada tingkat ini jumlah kendaraan yang berhenti adalah signifikan, meski tetap cukup banyak kendaraan yang terus melalui simpang tanpa harus berhenti.
- Tingkat pelayanan D berarti operasi pada simpang memiliki tundaan dalam rentang 25,1 – 40,0 detik per kendaraan. Pada tingkat pelayanan D pengaruh dari kemacetan sudah lebih terlihat. Tundaan yang lebih besar dapat dihasilkan dari kombinasi panjang siklus yang lebih rendah. Banyak kendaraan yang harus berhenti pada simpang.
- Tingkat pelayanan E berarti operasi pada simpang memiliki tundaan dalam rentang 40,1 – 60,0 detik per kendaraan. Pada tingkat pelayanan E ini di jadikan sebagai batas tundaan yang sudah tidak bisa diterima. Tundaan besar ini dihasilkan dari panjang siklus yang panjang, serta rasio  $V/C$  yang tinggi, dan kemacetan terjadi disetiap kaki persimpangan.
- Tingkat pelayanan F berarti operasi pada simpang memiliki tundaan lebih besar dari 60,0 detik per kendaraan. Pada tingkat pelayanan F ini tundaan sudah tidak dapat diterima, hal ini biasanya karena terjadinya kejenuhan pada simpang akibat arus yang melalui simpang melampaui kapasitas simpang dan juga dapat terjadi bila nilai  $V/C$  mendekati 1,00 atau dapat juga karena panjang siklus yang terlalu panjang.

Tabel 2.7 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 terbatasi oleh lalu lintas, 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 - 0,84
E	Berbeda - beda terkadang berhenti, volume mendekati kapasitas	0,85 - 1,00
F	Rendah, volume dibawah kapasitas, antrian panjang, dan terjadi hambatan - hambatan yang besar.	>1,00

(Sumber : MKJI, 1997)

### 2.17 Teknik Perankingan/*scoring* Tingkat Pelayanan Persimpangan

Berdasarkan Keputusan Menteri Pendidikan Nasional RI Nomor 232/U/2000 Tentang Pedoman Penyusunan Kurikulum Pendidikan Tinggi dan Penilaian Hasil Belajar Mahasiswa Pasal 12 ayat 3 dijelaskan mengenai penilaian belajar mahasiswa, yaitu diberikan skor 4 untuk nilai A, skor 3 untuk nilai B, skor 2 untuk nilai C, skor 1 untuk nilai D, dan skor 0 untuk nilai E. Dari gambaran tersebut, teknik *scoring* ini dapat juga diterapkan pada tingkat pelayanan persimpangan, yaitu diberikan skor 5 untuk tingkat pelayanan persimpangan A (sangat lancar), skor 4 untuk tingkat pelayanan persimpangan B (lancar), skor 3 untuk tingkat pelayanan persimpangan C (cukup lancar), skor 2 untuk tingkat

pelayanan persimpangan D (mendekati macet), skor 1 untuk tingkat pelayanan persimpangan E (macet), dan skor 0 untuk tingkat pelayanan persimpangan F (sangat macet). Teknik perankingan ini dilakukan dalam pemilihan alternatif pengaturan ulang.