

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Geometrik

Beberapa data yang diperlukan bagi keperluan geometrik antara lain: denah, median, kelandaian, lebar bagian pendekat yang diperkeras, lebar pendekat masuk atau keluar, lebar pendekat belok kiri langsung dan jarak kendaraan parkir.

Penentuan lebar efektif ( $W_e$ ) dari setiap pendekat berdasarkan lebar pendekat ( $W_A$ ), lebar masuk ( $W_{masuk}$ ) dan lebar keluar ( $W_{keluar}$ ), untuk ketentuannya sebagai berikut ini.

1. Untuk pendekat tanpa belok kiri langsung (LTOR)

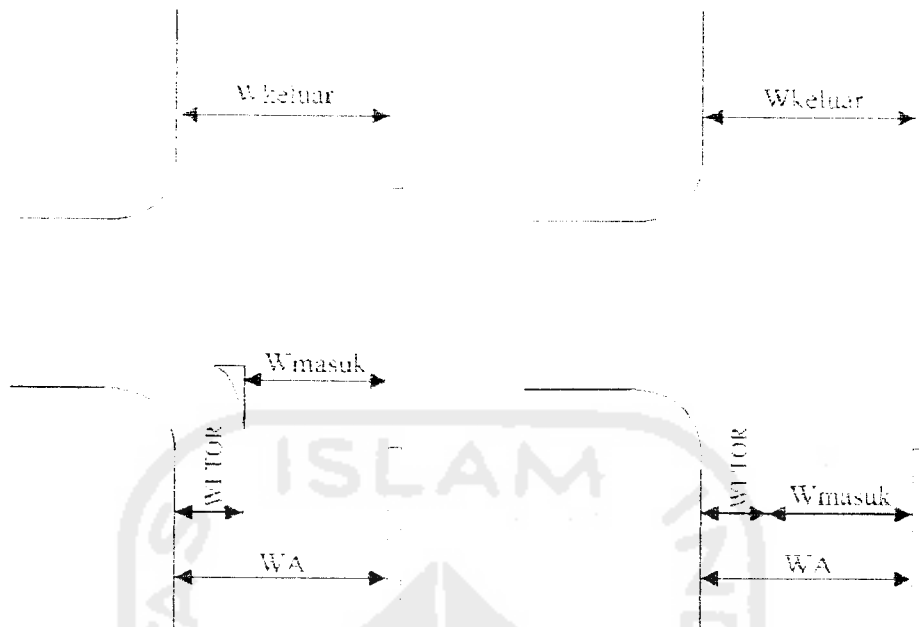
Lebar keluar (hanya untuk tipe pendekat terlindung) diperiksa dengan rumus 3.1.

$$\text{Jika } W_{keluar} < W_e \times (1 - P_{RT} - P_{LTOR}) \dots \dots \dots (3.1)$$

Maka  $W_e$  sebaiknya diberi nilai baru yang sama dengan nilai  $W_{keluar}$  dan analisis penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan untuk bagian lalulintas lurus saja ( $Q = Q_{ST}$ ).

2. Untuk pendekat dengan belok kiri langsung (LTOR)

Lebar efektif ( $W_e$ ) dapat dihitung untuk pendekat dengan pulau lalulintas, seperti pada Gambar 3.1 dan untuk pendekat tanpa pulau lalulintas bagian kanan dari Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Pendekat Dengan dan Tanpa Pulau Lalulintas  
 Sumber: Gambar C-2:1 Simpang Bersinyal MKJI 1997

Jika  $W_{LTOR} \geq 2$  m. dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan LTOR dapat mendahului antrian. Perhitungan untuk arus lalulintasnya sebagai berikut ini (lihat persamaan 3.2 dan 3.3).

1. Perhitungan arus lalulintas menjadi  $Q = Q_{ST} + Q_{RT}$  dan

$$W_e = \text{Minimum} \begin{cases} W_A - W_{LTOR} \\ W_{masuk} \end{cases} \dots\dots\dots (3.2)$$

2. Jika  $W_{keluar} < W_e \times (1 - P_{RT})$  ..... (3.3)

maka  $W_e = W_{keluar}$  dan  $Q = Q_{ST}$

Jika  $W_{LTOR} < 2$  m, dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan LTOR tidak dapat mendahului antrian. Perhitungan arus lalulintas sebagai berikut ini (lihat persamaan 3.4 dan 3.5).

1.  $Q = Q_{ST} - Q_{RT} - Q_{LTOR}$  dan

$$W_e = \text{Minimum} \begin{cases} W_A \\ W_{\text{masuk}} + W_{LTOR} \\ W_A \times (1 - P_{LTOR}) - W_{LTOR} \end{cases} \dots\dots\dots (3.4)$$

2. Jika  $W_{\text{keluar}} < W_e \times (1 - P_{RT} - P_{LTOR})$  ..... (3.5)

maka  $W_e = W_{\text{keluar}}$  dan  $Q = Q_{ST}$ .

### 3.2 , Arus Lalulintas

Perhitungan arus lalulintas dilakukan per satuan jam untuk satu atau lebih periode, misalnya didasarkan pada kondisi arus lalulintas rencana jam puncak pagi, siang, dan sore.

Arus lalulintas (Q) untuk setiap gerakan (belok kiri  $Q_{LT}$ , lurus  $Q_{ST}$  dan belok kanan  $Q_{RT}$ ) dikonfersi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (SMP) per jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan terlindung dan terlawan (lihat Tabel 3.1). Persamaan yang digunakan adalah persamaan 3.6.

$$Q_{MV} = (Q_{LV} \times emp_{LV}) + (Q_{HV} \times emp_{HV}) + (Q_{MC} \times emp_{MC}) \dots\dots\dots (3.6)$$

dengan:

$Q_{MV}$  = Arus kendaraan bermotor total

$Q_{LV}, Q_{HV}, Q_{MC}$  = Arus lalulintas tiap tipe kendaraan

$emp_{LV}, emp_{HV}, emp_{MC}$  = Nilai emp untuk tiap tipe kendaraan (lihat tabel 3.1)

Tipe pendekat terlindung didefinisikan sebagai keberangkatan tanpa konflik antara gerakan lalulintas belok kanan dan lurus, sedangkan tipe pendekat

terlawan adalah keberangkatan dengan konflik antara gerak belok kanan dan gerak lurus belok kiri dari bagian pendekat dengan lampu hijau pada fase yang sama.

Tabel 3.1 Nilai Ekuivalen Mobil Penumpang

Jenis Kendaraan	emp untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1.0	1.0
Kendaraan Berat (HV)	1.3	1.3
Sepeda Motor (MC)	0.2	0.4

Sumber: Simpang Bersinyal MKJI, 1997

Perhitungan rasio belok kiri ( $P_{LT}$ ) dan rasio belok kanan ( $P_{RT}$ ) menggunakan persamaan 3.7 dan persamaan 3.8.

$$P_{LT} = \frac{LT \text{ (smp jam)}}{\text{Total (smp jam)}} \dots\dots\dots (3.7)$$

$$P_{RT} = \frac{RT \text{ (smp jam)}}{\text{Total (smp jam)}} \dots\dots\dots (3.8)$$

dengan:

LT = Arus kendaraan belok kiri

RT = Arus kendaraan belok kanan

Total = Arus kendaraan total

Perhitungan rasio kendaraan tidak bermotor  $P_{UM}$  dengan menggunakan persamaan 3.9.

$$P_{UM} = Q_{UM} / Q_{MV} \dots\dots\dots (3.9)$$

dimana:

$P_{UM}$  = Rasio kendaraan tidak bermotor

$Q_{UM}$  = Arus kendaraan tidak bermotor

Q<sub>av</sub> = Arus kendaraan bermotor

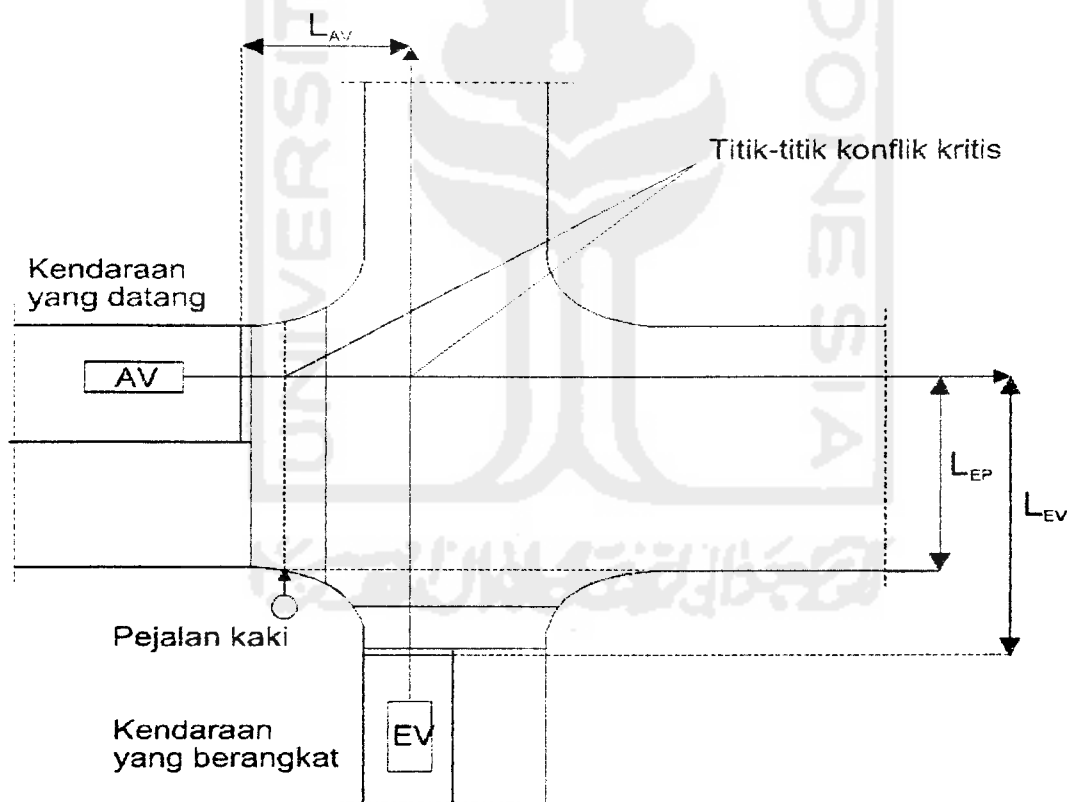
Klasifikasi kendaraan sesuai sistem klasifikasi Bina Marga, adapun definisi dari setiap kendaraan adalah sebagai berikut ini.

1. Kendaraan ringan (LV) adalah kendaraan ber as dua dengan 4 (empat) roda dan dengan jarak as 2.0 – 3.0 m (meliputi: mobil penumpang, oplet, mikrobis, pickup dan truk kecil).
2. Kendaraan berat (HV) adalah kendaraan bermotor dengan lebih dari 4 (empat) roda (meliputi: bis, truk 2 (dua) as, truk 3 (tiga) as dan truk kombinasi)
3. Sepeda motor (MC) adalah kendaraan bermotor dengan 2 (dua) atau 3 (tiga) roda (meliputi: sepeda motor dan kendaraan roda 3 (tiga)).
4. Kendaraan tak bermotor adalah kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh orang atau hewan (meliputi: sepeda, becak, kereta kuda dan kereta dorong). Kendaraan tak bermotor tidak dianggap sebagai bagian dari arus lalu lintas tetapi sebagai unsur hambatan samping.

### 3.3 Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang

Untuk analisa operasional dan perencanaan, disarankan untuk membuat suatu perhitungan rinci waktu antar hijau (IG) dan waktu hilang (LTI). Waktu antar hijau adalah periode kuning + merah semua antara dua fase sinyal yang berurutan. Waktu hilang adalah jumlah semua waktu antar hijau dalam siklus yang lengkap. Waktu hilang juga dapat diperoleh dari beda antara waktu siklus dengan waktu hijau dalam semua fase yang berurutan.

Perhitungan waktu merah semua yang diperlukan untuk pengosongan pada akhir setiap fase harus memberikan kesempatan bagi kendaraan terakhir (melewati garis henti pada akhir sinyal kuning) berangkat dari titik konflik sebelum kedatangan kendaraan yang datang pertama dari fase berikutnya (melewati garis henti pada awal sinyal hijau) pada titik yang sama. Jadi merah semua merupakan fungsi dari kecepatan dan jarak dari kendaraan yang berangkat dan yang datang (dari garis henti sampai ke titik konflik), dan panjang dari kendaraan yang berangkat dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Titik-titik Konflik Kritis dan Jarak Keberangkatan dan Kedatangan  
 Sumber: Gambar B-2:1 Simpang Bersinyal MKJI 1997

Titik konflik kritis pada masing-masing fase (i) adalah titik yang menghasilkan waktu merah semua terbesar dapat dilihat pada persamaan 3.10.

$$\text{Merah semua}_i = \frac{L_{EV} + I_{EV}}{V_{EV}} + \frac{L_{AV}}{V_{AV-MAX}} \dots\dots\dots (3.10)$$

dimana:

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

$I_{EV}$  = Panjang kendaraan yang berangkat dengan nilai:  
 5 m untuk LV dan HV  
 2 m untuk MC dan UM

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

$V_{AV} = 10$  m/det untuk kendaraan bermotor

$V_{EV} = 10$  m/det untuk kendaraan bermotor

3 m/det untuk kendaraan tak bermotor

1,2 m/det untuk pejalan kaki

Perhitungan waktu hilang (LTI) dihitung setelah ditetapkan periode merah semua untuk masing-masing akhir fase. Waktu hilang untuk simpang dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu-waktu antar hijau seperti pada persamaan 3.11.

$$LTI = \sum (\text{merah semua} + \text{kuning})_i = \sum IG_i \dots\dots\dots (3.11)$$

### 3.4 Arus Jenuh Dasar

Arus jenuh dasar didefinisikan sebagai besarnya keberangkatan antrian di dalam pendekat selama kondisi yang ditentukan. Arus jenuh dasar untuk pendekat terlindung ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat ( $W_e$ ):

$$S_o = 600 \times W_e \dots\dots\dots (3.12)$$

### 3.5 Arus Jenuh

Arus jenuh ( $S$ ) dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar ( $S_o$ ) dengan faktor penyesuaian ( $F$ ) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya dari suatu kumpulan kondisi-kondisi yang ditetapkan sebelumnya.

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \dots\dots\dots (3.13)$$

dimana:

- $F_{CS}$  = faktor penyesuaian untuk ukuran kota,
- $F_{SF}$  = faktor penyesuaian untuk hambatan samping,
- $F_G$  = faktor penyesuaian untuk kelandaian,
- $F_P$  = faktor penyesuaian untuk parkir,
- $F_{RT}$  = faktor penyesuaian untuk gerakan belok kanan,
- $F_{LT}$  = faktor penyesuaian untuk gerakan belok kiri.

#### 3.5.1 Faktor penyesuaian ukuran kota

Faktor penyesuaian ukuran kota ditentukan dari Tabel 3.2 sebagai fungsi dari ukuran kota.



Tabel 3.2 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota pada Simpang Bersinyal

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: Tabel C-4:3 Simpang Bersinyal MKJI 1997

Jumlah penduduk ditentukan berdasarkan data dari Biro Pusat Statistik pada kota yang ditinjau.

### 3.5.2 Faktor penyesuaian hambatan samping

Faktor penyesuaian hambatan samping ( $F_{CS}$ ) pada perhitungan simpang bersinyal merupakan fungsi dari jenis lingkungan jalan, tingkat hambatan samping dan rasio kendaraan tidak bermotor. Faktor penyesuaian hambatan samping dapat dilihat pada Tabel 3.3.

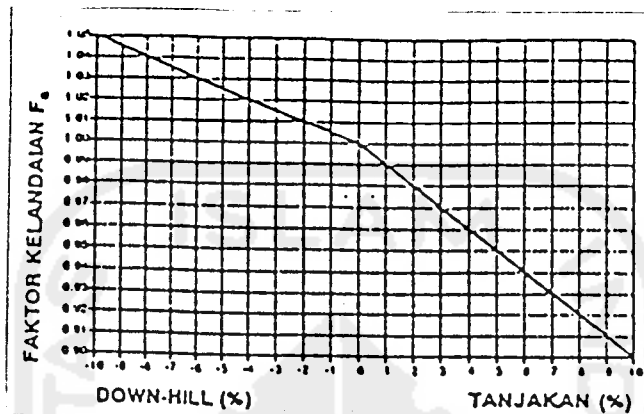
Tabel 3.3 Faktor Penyesuaian Untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tidak Bermotor

Lingkungan jalan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tidak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	Tinggi	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
	Sedang	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
	Rendah	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
	Tinggi	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
	Sedang	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
	Rendah	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
	Tinggi/Sedang/Rendah	Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

Sumber: Tabel B-3:2 Simpang Bersinyal MKJI 1997

### 3.5.3 Faktor penyesuaian kelandaian

Faktor penyesuaian kelandaian sebagai fungsi dari kelandaian (Grad) ditentukan dari Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Faktor Penyesuaian Untuk Kelandaian (F<sub>G</sub>)  
 Sumber: Gambar C-4:1 Simpang Bersinyal MKJI 1997

### 3.5.4 Faktor penyesuaian parkir

Faktor penyesuaian parkir (F<sub>P</sub>) sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai kendaraan yang diparkir pertama dan lebar pendekat. Faktor penyesuaian parkir dapat dihitung dengan persamaan 3.14, yang mencakup pengaruh panjang waktu hijau.

$$F_p = \left[ \frac{L_p}{3} - (WA - 2) \times \left( \frac{L_p}{3} - g \right) / WA \right] / g \dots\dots\dots (3.14)$$

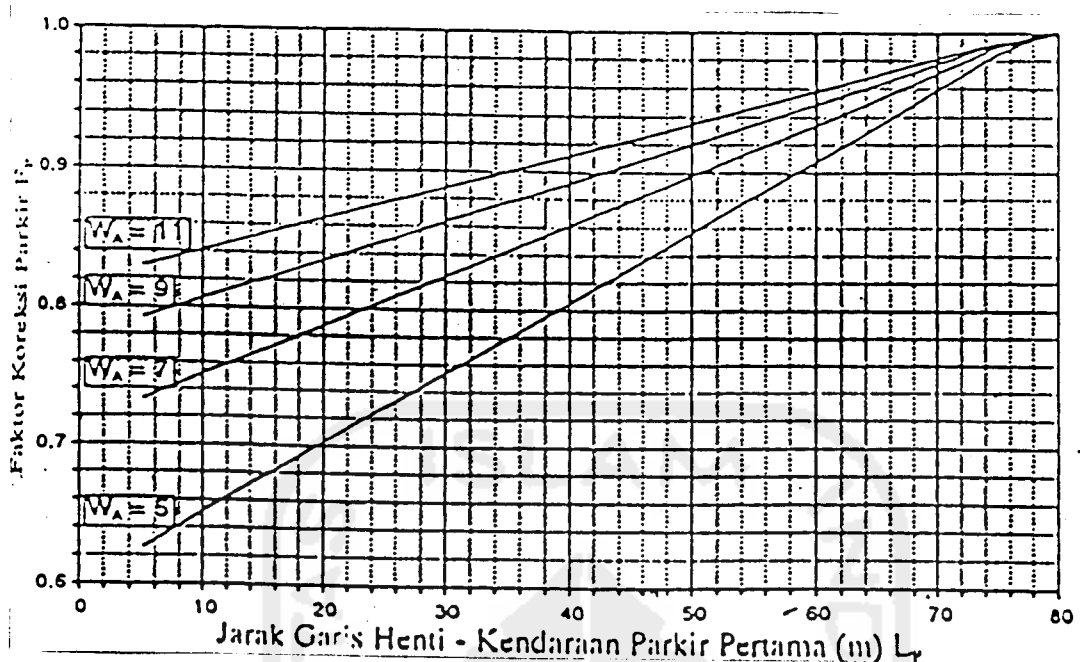
dimana:

L<sub>p</sub> = Jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m) atau panjang dari lajur pendek

WA = Lebar pendekat (m)

g = Waktu hijau pada pendekat

Faktor penyesuaian parkir juga dapat diperoleh dari Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Faktor Penyesuaian Untuk Pengaruh Parkir  
 Sumber: Gambar C-4:2 Simpang Bersinyal MKJI 1997

### 3.5.5 Faktor penyesuaian belok kanan

Faktor penyesuaian belok kanan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan  $P_{RT}$  ditentukan oleh persamaan 3.15 dan dapat juga diperoleh dari Gambar 3.5.

$$F_{RT} = 1,0 - P_{RT} \times 0,26 \quad \dots \dots \dots (3.15)$$

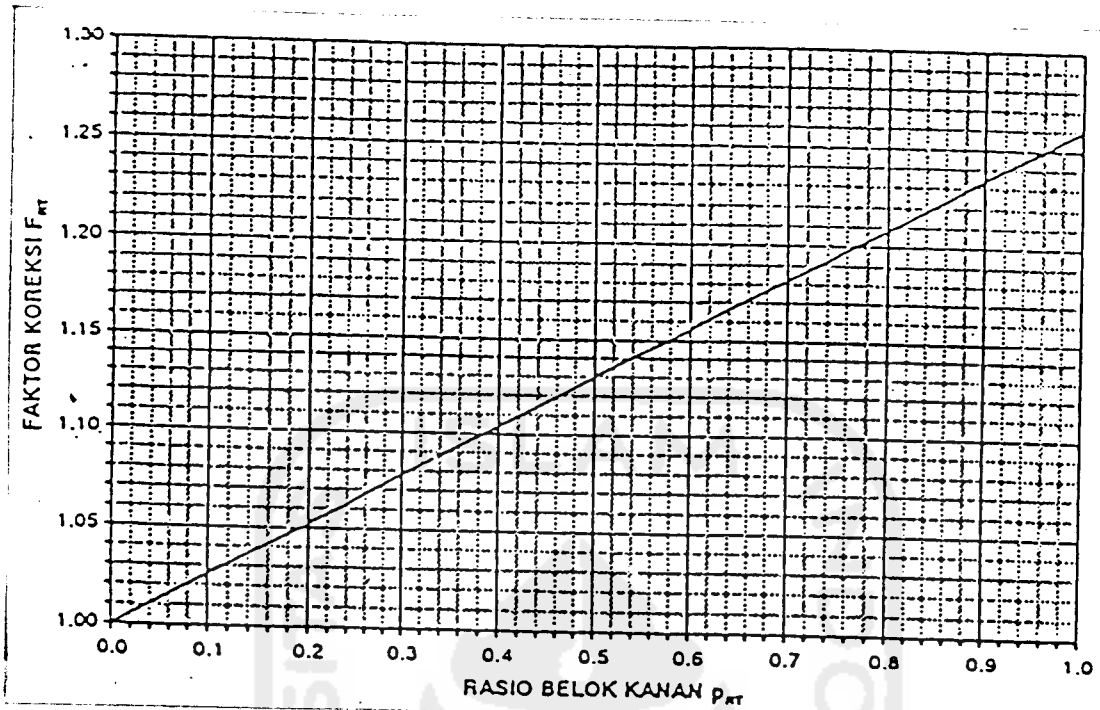
Persamaan 3.15 hanya untuk pendekat tipe terlindung, tanpa median, jalan dua arah, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

### 3.5.6 Faktor penyesuaian belok kiri

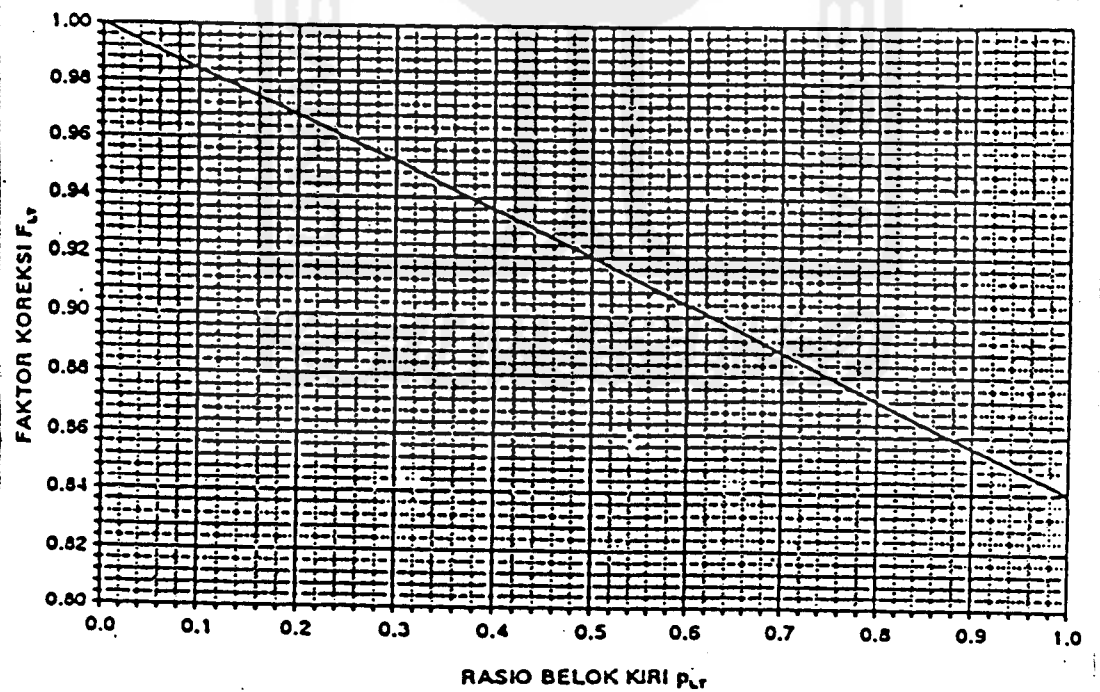
Faktor penyesuaian belok kiri sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kiri  $P_{LT}$  ditentukan oleh persamaan 3.16 dan juga dapat diperoleh dari Gambar 3.6.

Persamaan 3.16 dan Gambar 3.6 hanya untuk pendekat tipe terlindung, tanpa belok kiri langsung, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

$$F_{LT} = 1.0 - P_{LT} \times 0.16 \quad (3.16)$$



Gambar 3.5 Faktor Penyesuaian Untuk Belok Kanan  
 Sumber: Gambar C-4:3 Simpang Bersinyal MKJI 1997



Gambar 3.6 Faktor Penyesuaian Untuk Belok Kiri  
 Sumber: Gambar C-4:4 Simpang Bersinyal MKJI 1997

### 3.6 Penyesuaian Volume

Volume kendaraan dalam 1 jam diubah menjadi dalam tingkat arus sibuk selama 15 menit dengan cara membagi volume kendaraan dengan PHF dengan persamaan 3.17. PHF atau faktor jam puncak adalah perbandingan antara arus lalu lintas jam puncak dengan empat kali lima belas menit tertinggi arus lalu lintas pada jam yang sama (lihat persamaan 3.18).

$$V_p = V / PHF \quad \dots \dots \dots (3.17)$$

dimana:

$V_p$  = Volume arus sibuk, dalam smp jam

$V$  = Volume kendaraan tiap jam, dalam smp jam

PHF = Faktor jam puncak

$$PHF = V / (4.V_m) \quad \dots \dots \dots (3.18)$$

dimana:

$V$  = Volume kendaraan 1 jam terpadat, dalam smp

$V_m$  = Volume kendaraan 15 menit terpadat, dalam smp

### 3.7 Rasio Arus Jenuh

Rasio arus (FR) adalah rasio terhadap arus jenuh dari suatu pendekat yang dihitung dengan persamaan 3.19.

$$FR = Q / S \quad \dots \dots \dots (3.19)$$

dimana:

$Q$  = Arus lalu lintas masing-masing pendekat

$S$  = Arus jenuh

Rasio arus simpang (IFR) adalah jumlah dari rasio arus kritis tertinggi ( $FR_{CRIT}$ ) untuk semua fase sinyal yang berurutan dalam suatu siklus, sementara rasio arus simpang dihitung dengan persamaan 3.20.

$$PR = FR_{CRIT} : IFR \dots\dots\dots (3.20)$$

### 3.8 Penentuan Waktu Sinyal

Penentuan sinyal untuk keadaan dengan kendali waktu tetap dilakukan untuk meminimumkan tundaan total pada suatu simpang. Penentuan waktu sinyal meliputi penentuan waktu siklus sebelum penyesuaian ( $Cua$ ), waktu hijau ( $g_i$ ) pada masing-masing fase dan waktu siklus yang disesuaikan ( $c$ ).

#### 3.8.1 Waktu siklus sebelum penyesuaian

Waktu siklus sebelum penyesuaian dapat diperoleh dari persamaan 3.21.

$$Cua = (1,5 \times LTI - 5) / (1 - \Sigma FR_{crit}) \dots\dots\dots (3.21)$$

dimana:

$Cua$  = waktu siklus sinyal sebelum penyesuaian (detik).

$LTI$  = waktu hilang total per siklus (detik).

$FR_{crit}$  = nilai FR tertinggi dari pendekatan yang berangkat pada suatu fase sinyal,

$\Sigma (FR_{crit})$  = rasio arus simpang (IFR)

= jumlah  $FR_{crit}$  dari semua fase pada siklus tersebut.

Waktu siklus yang terlalu panjang akan menyebabkan meningkatnya tundaan rata-rata. Jika nilai rasio arus jenuh (FR) mendekati atau lebih dari 1 (satu)

maka simpang tersebut adalah lewat jenuh dan dari rumus 3.21 akan menghasilkan nilai waktu siklus yang sangat tinggi atau negatif.

### 3.8.2 Waktu hijau

Waktu hijau ( $g$ ) adalah waktu nyala hijau dalam suatu pendekat (detik), untuk perhitungannya dapat dilihat pada persamaan 3.22.

$$g_i = (Cua - LTI) \cdot FR_{CRIT} / \sum(FR_{CRIT}) \quad (3.22)$$

dimana :  $g_i$  merupakan tampilan waktu hijau pada fase  $i$  (detik).

### 3.8.3 Waktu siklus yang disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan ( $e$ ) dihitung dengan persamaan 3.23.

$$e = \sum g - LTI \quad (3.23)$$

dimana,  $\sum g$  adalah jumlah waktu hijau yang diperoleh dengan dibulatkan (detik).

## 3.9 Kapasitas

Kapasitas pendekat simpang bersinyal dapat dihitung dengan persamaan 3.24.

$$C = S \times g / c \quad (3.24)$$

dimana:

$C$  = kapasitas (smp/jam),

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

$g$  = waktu hijau (det),

$c$  = waktu siklus (det).

Perlu diketahui pula atau ditentukan waktu sinyal dari simpang agar dapat menghitung kapasitas dan ukuran perilaku lalu lintas lainnya.

### 3.10 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan diperoleh dari persamaan 3.25.

$$DS = Q \cdot C = (Q \cdot c) (S \cdot g) \quad \dots \dots \dots (3.25)$$

### 3.11 Panjang Antrian

Jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau  $NQ$  (lihat persamaan 3.26) dihitung sebagai jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya  $NQ_1$  (lihat persamaan 3.27) ditambah jumlah smp yang datang selama fase merah  $NQ_2$  (lihat persamaan (3.29).

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad \dots \dots \dots (3.26)$$

Untuk  $DS > 0,5$  maka:

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[ (DS - 1) - \sqrt{(DS - 1)^2 - \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \quad \dots \dots \dots (3.27)$$

$$\text{Untuk } DS \leq 0,5 \text{ maka } NQ_1 = 0 \quad \dots \dots \dots (3.28)$$

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - (GR \times DS)} \times \frac{Q}{3600} \quad \dots \dots \dots (3.29)$$

dimana:

$NQ_1$  = jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya,

$NQ_2$  = jumlah smp yang datang selama fase merah,

$DS$  = derajat kejenuhan,

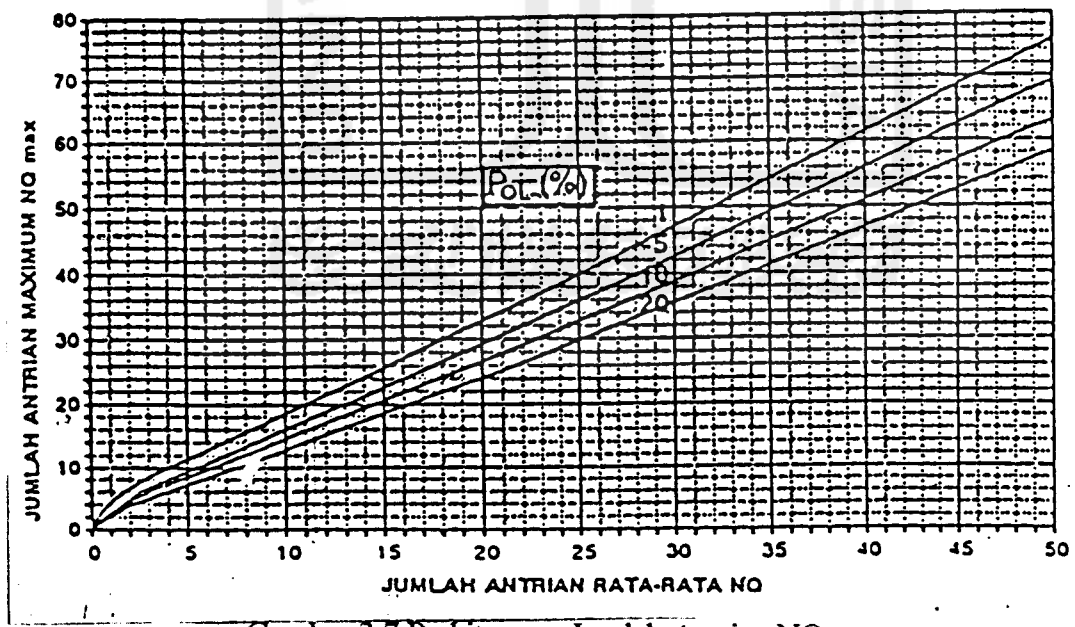


- GR = rasio hijau.
- c = waktu siklus (detik).
- C = kapasitas (smp jam) = arus jenuh kali rasio hijau ( $S \cdot GR$ ).
- Q = arus lalu lintas pada pendekatan tersebut (smp det).

Panjang antrian (QL) diperoleh dari perkalian (NQ) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp ( $20 \text{ m}^2$ ) dan pembagian dengan lebar masuk ( $W_{\text{masuk}}$ ). lihat persamaan 3.30.

$$QL = NQ_{\text{max}} \cdot \frac{20}{W_{\text{masuk}}} \quad \dots \dots \dots (3.30)$$

Gambar 3.4 digunakan untuk mendapatkan nilai  $NQ_{\text{max}}$  dengan menyesuaikan nilai NQ dalam hal peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih  $P_{OL}$  (%), untuk perancangan dan perencanaan disarankan  $P_{OL} = 5\%$ , sedangkan untuk operasi nilai  $P_{OL} = 5\%$  sampai  $10\%$  masih memungkinkan diterima.



Gambar 3.7 Perhitungan Jumlah Antrian  $NQ_{\text{max}}$   
 Sumber: Gambar E-2:2 Simpang Bersinyal MKJII 1997

### 3.12 Kendaraan Terhenti

#### 3.12.1 Angka henti

Angka henti (NS), yaitu jumlah berhenti rata-rata per-kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati sebuah simpang, dihitung dengan persamaan 3.31 sebagai berikut ini.

$$NS = 0.9 \cdot \frac{NQ}{Q - c} + 3600 \dots\dots\dots (3.31)$$

#### 3.12.2 Rasio kendaraan terhenti

Rasio kendaraan terhenti ( $P_{sv}$ ), yaitu rasio kendaraan yang harus berhenti akibat sinyal merah sebelum melewati simpang i dihitung dengan persamaan 3.32.

$$(P_{sv}) = \min (NS, 1) \dots\dots\dots (3.32)$$

dimana NS adalah angka henti dari suatu pendekat.

#### 3.12.3 Jumlah kendaraan terhenti

Jumlah kendaraan terhenti ( $N_{sv}$ ) untuk masing-masing pendekat dihitung dengan persamaan 3.33.

$$N_{sv} = Q \cdot NS \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots (3.33)$$

#### 3.12.4 Angka henti seluruh simpang

Angka henti seluruh simpang didapat dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total Q dalam kend/jam (lihat persamaan 3.34).

$$NS_{tot} = \frac{\sum N_{sv}}{Q_{tot}} \dots\dots\dots (3.34)$$

### 3.13 Tundaan

Tundaan pada suatu simpang dapat terjadi karena dua hal berikut ini:

1. tundaan lalulintas (DT) karena interaksi lalulintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang.
2. tundaan geometri (DG) karena perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan/atau berhenti karena lampu merah.

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat  $j$  dihitung pada persamaan 3.35.

$$D_j = DT_j - DG_j \quad \dots \dots \dots (3.35)$$

dimana:

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

$DT_j$  = tundaan lalulintas rata-rata untuk pendekat  $j$  (det/smp).

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

#### 3.13.1 Tundaan lalulintas

Tundaan lalulintas rata-rata pada suatu pendekat  $j$  dapat ditentukan dari persamaan 3.36 berikut ini.

$$DT_j = c \times \frac{0.5 \times (1 - GR)^2}{1 - (GR \times DS)} + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \quad \dots \dots \dots (3.36)$$

dimana:

$DT_j$  = tundaan lalulintas rata-rata pada pendekat  $j$  (det/smp).

GR = rasio hijau (g/c),

DS = derajat kejenuhan,

C = kapasitas (smp/jam).

$NQ_j$  = jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya.

Hasil perhitungan tidak berlaku jika kapasitas simpang dipengaruhi oleh faktor-faktor luar seperti terhalangnya jalan keluar akibat kemacetan pada bagian hilir, pengaturan oleh polisi secara manual.

### 3.13.2 Tundaan geometri

Tundaan geometri rata-rata pada suatu pendekat  $j$  dihitung dengan persamaan 3.37.

$$DG_j = (1 - P_{sv}) \cdot P_T \cdot 6 - (P_{sv} - 4) \dots \dots \dots (3.37)$$

dimana:

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

$P_{sv}$  = rasio kendaraan berhenti pada suatu pendekat,

$P_T$  = rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat.

Nilai normal 6 (enam) detik untuk kendaraan belok tidak berhenti dan 4 (empat) detik untuk yang berhenti didasarkan anggapan-anggapan berikut ini:

1. kecepatan = 40 km/jam,
2. kecepatan belok kiri tidak berhenti = 10 km/jam,
3. percepatan dan perlambatan = 15 m/det<sup>2</sup>,
4. kendaraan berhenti melambat untuk meminimumkan tundaan, sehingga menimbulkan hanya tundaan percepatan.

### 3.13.3 Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang

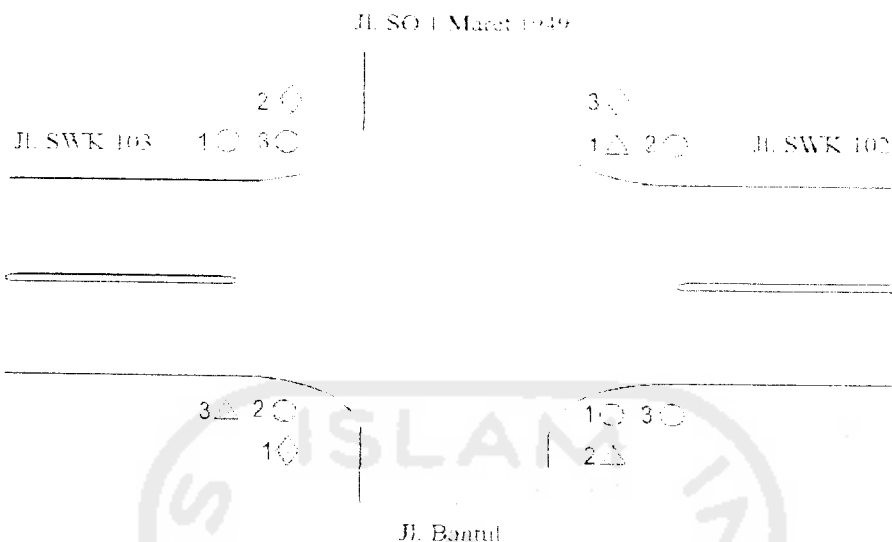
Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang dapat dihitung dengan persamaan

3.38.

$$D_1 = \frac{\sum(Q \cdot D_j)}{Q_{tot}} \dots\dots\dots (3.38)$$

Tundaan rata-rata dapat digunakan sebagai indikator tingkat pelayanan dari masing-masing pendekatan demikian juga dari suatu simpang secara keseluruhan.





Gambar 4.2. Posisi Pengamat Saat di Lapangan

Keterangan:

1. Mencatat kendaraan belok kiri
2. Mencatat kendaraan lurus
3. Mencatat kendaraan belok kanan
- ▲. Jalan Serangan Oemum 1 Maret 1949
- . Jalan SWK 102
- . Jalan Bantul
- . Jalan SWK 103

### 3. Pengumpulan data lapangan

Yang termasuk data primer adalah kondisi geometrik, hambatan samping, volume lalu lintas, pencatatan waktu siklus dan fase sinyal. Data sekunder meliputi jumlah penduduk di kabupaten Bantul Yogyakarta dan di Kotamadya Yogyakarta. Secara rinci pengumpulan data lapangan adalah sebagai berikut ini.

3.a. Pengamatan dan pengukuran geometrik persimpangan dilakukan dengan cara mencatat jumlah lajur dan arah, menentukan kode pendekat (utara, timur, selatan, barat), tipe pendekat (terlindung, terlawan), menentukan ada

tidaknya median jalan, menentukan kelandaian jalan, mengukur lebar pendekat, lebar lajur belok kiri langsung, lebar bahu dan median (jika ada), lebar masuk dan keluar pendekat. Pengukuran dilakukan pada malam hari agar tidak mengganggu kelancaran arus lalu lintas.

- 3.b. Pengamatan kondisi lingkungan adalah menetapkan persimpangan tersebut sebagai lahan komersial, lahan pemukiman atau daerah dengan akses terbatas.
- 3.c. Pengamatan dan pencacahan hambatan samping dilakukan pada sisi kiri kanan pendekat sepanjang kurang lebih 50 meter dengan mencatat semua pergerakan oleh unsur-unsur pejalan kaki, kendaraan yang keluar masuk halaman di sisi pendekat.
- 3.d. Pengukuran kendaraan parkir dilakukan dengan cara memberi tanda (dengan kapur) pada sisi kiri pendekat tiap 10 meter dan sepanjang 80 meter. Pengamatan dilakukan oleh salah satu pengamat di tiap jalan yang memiliki arah pergerakan arus lalu lintas terendah.
- 3.e. Penentuan waktu sinyal (merah, kuning dan hijau) dilakukan dengan mencatat lamanya waktu menyala tiap fase dengan alat pencatat waktu. Waktu siklus lapangan diperoleh dengan mencatat lamanya waktu suatu fase dari saat menyala, berhenti hingga menyala kembali. Waktu hilang diperoleh dengan menjumlahkan nyala merah semua dengan nyala kuning semua.
- 3.f. Survei volume lalu lintas dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor jumlah kendaraan, arah gerakan, waktu pengamatan dan periode jam sibuk. Setiap pengamat mencatat semua gerakan yang melewati pendekat (sesuai

klasifikasinya) baik untuk gerakan lurus, belok kiri dan kanan serta mengisi ke dalam formulir pencacahan yang telah disediakan. Survei volume lalu lintas dilakukan dengan membagi waktu pengamatan per 15 menit, misalnya pukul 06.30 - 06.45. Pencacahan volume lalu lintas dilakukan selama 3 (tiga) hari, yaitu hari Senin, Kamis dan Sabtu serta pada jam-jam sibuk anggapan yang direncanakan adalah sebagai berikut:

pagi : jam 06.30 - 08.30 WIB

siang : jam 11.30 - 13.30 WIB

sore : jam 16.00 - 18.00 WIB

4. Input data MKJI 1997

Data primer dan sekunder yang diperoleh di lapangan merupakan masukan untuk perhitungan tundaan dan tingkat pelayanan dengan menggunakan formulir SIG I sampai dengan SIG V.

5. Perhitungan perilaku lalu lintas dengan MKJI 1997

Perhitungan perilaku lalu lintas meliputi: panjang antrian, angka henti dan kendaraan terhenti serta tundaan, baik tundaan lalu lintas maupun tundaan geometri.

6. Tipe tingkat pelayanan

Nilai tundaan digunakan untuk menetapkan tingkat pelayanan persimpangan bersinyal, karena nilai tundaan tidak saja menunjukkan jumlah waktu perjalanan yang hilang dan konsumsi bahan bakar, tetapi juga ukuran kekecewaan dan tidak nyamannya pemakai kendaraan.