

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Simpang

Persimpangan merupakan bagian yang tidak terpisah dari semua sistem jalan. Persimpangan jalan dapat didefinisikan sebagai daerah umum dimana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas di dalamnya (Jotin Khisty, B. Kent Lall, 2005).

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

##### 2.1.1 *Karakteristik Geometrik*

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, karakteristik geometrik meliputi:

a. Pendekat

Pendekat adalah daerah dari suatu lengan persimpangan jalan untuk kendaraan mengantri sebelum keluar melewati garis henti.

b. Lebar efektif ( $W_e$ )

Lebar efektif adalah dari bagian pendekat yang diperkeras, yang digunakan dalam perhitungan kapasitas.

c. Lebar pendekat ( $W_A$ )

Lebar pendekat adalah lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, diukur dibagian tersempit disebelah hulu.

d. Lebar masuk ( $W_{MASUK}$ )

Lebar masuk adalah lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, diukur pada garis henti.

e. Lebar keluar ( $W_{KELUAR}$ )

Lebar keluar adalah lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, yang digunakan oleh lalu lintas buangan setelah melewati persimpangan

f. Jarak (L)

Jarak adalah panjang dari segmen jalan.

g. Landai jalan (GRAD)

Landai jalan adalah kemiringan dari suatu segmen jalan dalam arah perjalanan.

2.1.2 Karakteristik Lalu lintas

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, karakteristik lalu lintas meliputi :

a. Satuan mobil penumpang (smp)

Satuan mobil penumpang adalah satuan arus lalu lintas dari berbagai tipe kendaraan yang diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan faktor emp.

b. Ekuivalen mobil penumpang (emp)

Ekuivalen mobil penumpang adalah faktor dari berbagai tipe kendaraan sehubungan dengan keperluan waktu hijau untuk keluar dari antrian apabila dibandingkan dengan sebuah kendaraan ringan (untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan yang sisanya sama,  $emp = 1,0$ )

c. Arus berangkat terlawan (type O)

Keberangkatan dengan konflik antara gerak belok kanan dan gerak lurus/belok kiri dari bagian pendekat dengan lampu hijau pada fase yang sama.

d. Arus berangkat terlindung (type P)

Keberangkatan tanpa konflik antara gerakan lalu lintas belok kanan dan lurus.

e. Belok kiri (LT)

Indeks untuk lalu lintas yang belok kiri.

f. Belok kiri langsung (LTOR)

Indeks untuk lalu lintas belok kiri yang diijinkan lewat pada saat sinyal merah.

g. Lurus (ST)

Indeks untuk lalu lintas yang lurus.

h. Belok kanan (RT)

Indeks untuk lalu lintas yang belok kekanan.

i. Arus lalu lintas (Q)

Jumlah unsur lalu lintas yang melalui titik tak terganggu di hulu, pendekatan per satuan waktu ( sebagai contoh : kebutuhan lalu lintas kend/jam ; smp/jam)

j. Arus jenuh (S)

Besarnya keberangkatan antrian di dalam suatu pendekatan selama kondisi yang ditentukan (smp/jam hijau)

k. Derajat kejenuhan (DS)

Rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekatan ( $Q_{xc}/S_{xg}$ )

l. Kapasitas (C)

Arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan (sebagai contoh, untuk bagian pendekatan j:  $C_j = S_j \times g_j / c$  ; kend/jam, smp/jam)

m. Tundaan (D)

Waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui suatu simpang. Tundaan terdiri dari tundaan lalu lintas (DT) dan tundaan geometri (DG). DT adalah waktumenunggu yang disebabkan interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang bertentangan. DG adalah disebabkan oleh perlambatan dan percepatan kendaraan yang membelok disimpangan dan/atau yang terhenti oleh lampu merah.

### 2.1.3 Karakteristik Arus Lalu lintas

Arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melalui suatu titik pada ruas jalan tertentu per satuan waktu, yang dinyatakan dalam kend/jam ( $Q_{kend.}$ ) atau smp/jam ( $Q_{smp}$ ). Pada MKJI 1997, nilai arus lalu lintas ( $Q$ ) mencerminkan komposisi lalu lintas. Semua nilai arus lalu lintas (per arah dan total) dikonversikan menjadi satuan mobil penumpang (smp) dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang (emp) yang diturunkan secara empiris untuk tiap tipe kendaraan.

### 2.1.4 Karakteristik Kapasitas

Kapasitas jalan adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu jalan pada jalur jalan selama 1 jam dengan kondisi serta arus lalu lintas tertentu. Penghitungan kapasitas suatu ruas jalan perkotaan (MKJI 1997) sebagai berikut :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

$C$  = kapasitas ruas jalan (smp/jam)

$C_o$  = kapasitas dasar (smp/jam)

$FC_w$  = faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

$FC_{sp}$  = faktor penyesuaian pemisahan arah

$FC_{sf}$  = faktor penyesuaian hambatan samping

$FC_{cs}$  = faktor penyesuaian ukuran kota

Penentu kapasitas dasar ( $C_0$ ) jalan ditentukan berdasarkan tipe jalan dan jumlah jalur, terbagi atau tidak terbagi, seperti dalam tabel 2.1

Tabel 2.1. *Kapasitas ( $C_0$ )*

No	Tipe Jalan	Kapasitas Dasar (smp/jam)	Keterangan
1	Empat lajur terbagi	1650	Perlajur
2	Empat lajur tidak terbagi (4/2 UD)	1500	Perlajur
3	Dua lajur tidak terbagi (2/2 UD)	2900	Total untuk dua arah

(Sumber: (MKJI 1997))

### 2.1.5 Karakteristik Sinyal Lalu Lintas

#### 1. Fase Sinyal

Fase adalah bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijau disediakan bagi kombinasi tertentu dari gerakan lalu lintas ( $i$  = indeks untuk nomor fase). Pemilihan fase pergerakan tergantung dari banyaknya konflik utama, yaitu konflik yang terjadi pada volume kendaraan yang cukup besar. Menurut MKJI, 1997 jika fase sinyal tidak diketahui, maka pengaturan dengan dua fase sebaiknya digunakan sebagai kasus dasar. Pemisahan gerakan gerakan belok kanan biasanya hanya dilakukan berdasarkan pertimbangan kapasitas kalau gerakan membelok melebihi 200 smp/jam.

#### 2. Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang

Waktu antar hijau adalah periode kuning dan merah semua antara dua fase yang berurutan, arti dari keduanya sebagai berikut ini:

- a. Panjang waktu kuning pada sinyal lalu lintas perkotaan di Indonesia menurut MKJI, 1997 adalah 3,0 detik.
- b. Waktu merah semua pendekat adalah waktu dimana sinyal merah menyala bersamaan dalam semua pendekat yang dilayani oleh dua fase sinyal yang berurutan. Fungsi dari waktu merah semua adalah memberi kesempatan bagi kendaraan terakhir (melewati garis henti pada akhir sinyal kuning) berangkat sebelum kedatangan kendaraan pertama dari fase berikutnya. Jadi waktu merah semua (*all red*) 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. Titik konflik kritis dari setiap fase adalah titik yang menghasilkan waktu merah semua terbesar yang dihitung dengan rumus

$$MERAH\ SEMUA = \left[ \frac{LEV - l_{ev}}{VEV} - \frac{LAV}{VAV} \right] \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

LEV, LAV = jarak dari garis henti ke titik konflik masing masing kendaraan yang berangkat dan yang datang(m)

*lev* = panjang kendaraan yang berangkat (m)

VEV, VAV = kecepatan masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/det).

Nilai-nilai untuk VEV, VAV, dan lev tergantung dari komposisi lalu lintas dan kondisi kecepatan pada lokasi. Nilai-nali ini dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 2.2 Nilai Kecepatan Kendaraan dan Panjang Kendaraan

Kecepatan Kendaraan yang datang	$\frac{S}{u}$	VAV	10 m/det (Kendaraan Bermotor)
Kecepatan Kendaraan yang Berangkat	$\frac{m}{b}$	VEV	10 m/det (Kendaraan Bermotor) 3 m/det (Kendaraan tak bermotor)
Kecepatan Kendaraan yang Berangkat	$\frac{e}{r}$	Lev	1,2 m/det (Pejalan kaki) 5 m ( LV atau HV) 2 m ( MC atau UM)

Sumber : MKJI 1997 Hal 2-44

Setelah waktu merah semua ditetapkan, nilai waktu hilang (lost time) untuk simpang yang merupakan jumlah dari waktu-waktu antar hijau (intergreen) dapat dihitung dengan rumus :

$$LTI = \sum intergreen$$

$$= \sum(\text{merah semua} + \text{kuning}) \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :

- LTI = waktu hilang total per siklus (det)
- intergreen = waktu antar hijau pada fase 1 (det)
- merah semua = waktu merah semua (det)
- Kuning = waktu kuning (det)

Ketentuan waktu antar hijau berdasarkan ukuran simpang menurut MKJI (1997) dapat dilihat pada Tabel 2.3

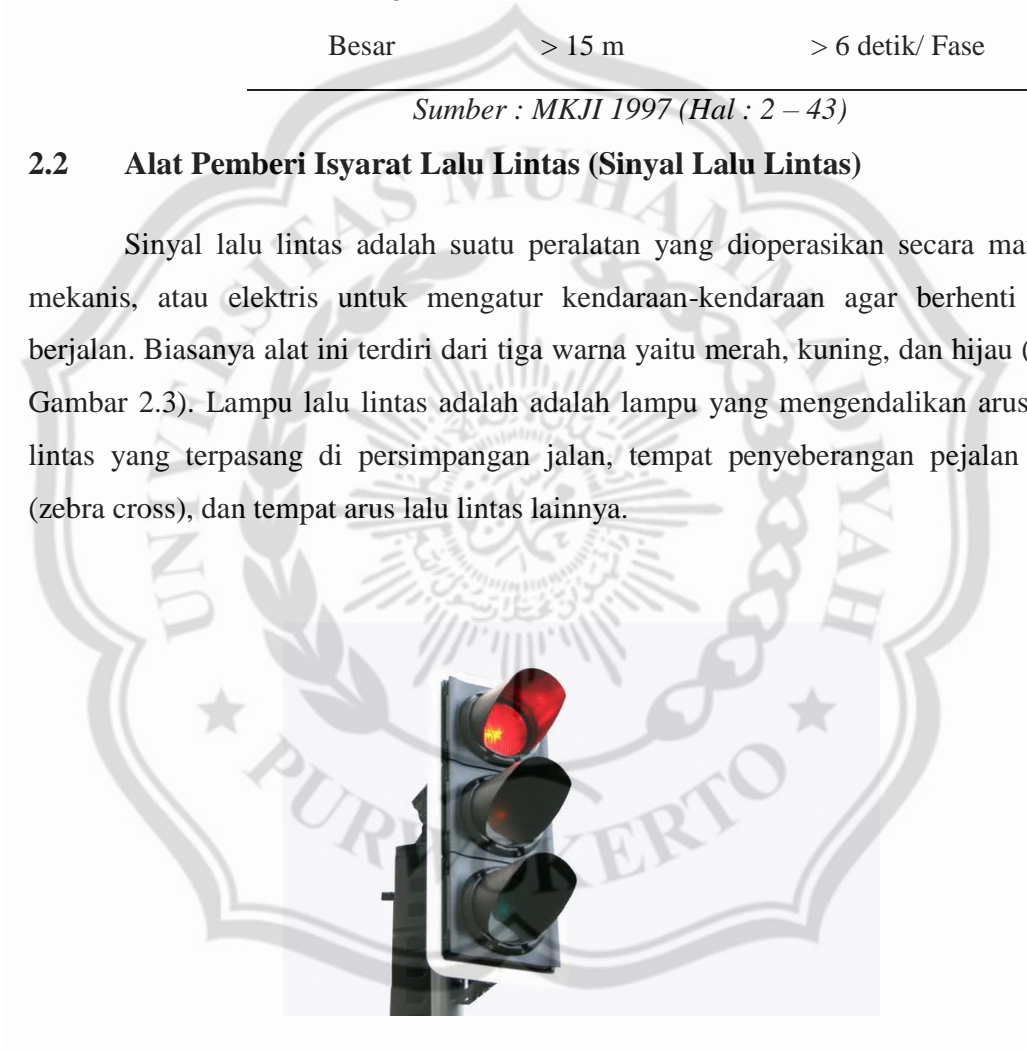
Tabel 2.3 Waktu antar Hijau

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 : MKJI 1997 (Hal : 2 – 43)

## 2.2 Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (Sinyal Lalu Lintas)

Sinyal lalu lintas adalah suatu peralatan yang dioperasikan secara manual, mekanis, atau elektris untuk mengatur kendaraan-kendaraan agar berhenti atau berjalan. Biasanya alat ini terdiri dari tiga warna yaitu merah, kuning, dan hijau (lihat Gambar 2.3). Lampu lalu lintas adalah adalah lampu yang mengendalikan arus lalu lintas yang terpasang di persimpangan jalan, tempat penyeberangan pejalan kaki (zebra cross), dan tempat arus lalu lintas lainnya.



Gambar 4 Sinyal lalu lintas

( Sumber: google)

Lampu lalu lintas menandakan kapan kendaraan harus berjalan dan berhenti secara bergantian dari berbagai arah sehingga tidak saling mengganggu antar-arus yang ada.

Menurut Munawar A (2004), sistem pengontrolan lalu lintas merupakan pengaturan lalu lintas yang berupa perintah atau larangan. Perintah atau larangan tersebut dapat berupa lampu lalu lintas, rambu-rambu lalu lintas atau marka jalan.

Sistem pengontrolan lalu lintas pada persimpangan jalan meliputi beberapa hal sebagai berikut. :

- a. Optimalisasi lampu lalu lintas, berupa pengaturan *cycle tyme* (waktu siklus), waktu hijau merah / merah dari lampu lalu lintas serta jumlah fase.
- b. Pemasangan / pemindahan lampu lalu lintas, dengan memasang lampu lalu lintas di tempat-tempat dengan arus lalu lintas yang tinggi.

### **2.3 Simpang Bersinyal**

Simpang bersinyal merupakan bagian dari sistem kendali waktu tetap yang dirangkai atau sinyal aktual kendaraan terisolir. Simpang bersinyal biasanya memerlukan metode dan perangkat lunak khusus dalam analisisnya.

Kapasitas simpang dapat ditingkatkan dengan menerapkan aturan prioritas sehingga simpang dapat digunakan secara bergantian. Pada jam-jam sibuk hambatan yang tinggi dapat terjadi, untuk mengatasi hal itu pengendalian dapat dibantu oleh petugas lalu lintas namun bila volume lalu lintas meningkat sepanjang waktu diperlukan sistem pengendalian untuk seluruh waktu (fulltime) yang dapat bekerja secara otomatis. Pengendalian tersebut dapat digunakan alat pemberi isyarat lalu lintas (traffic signal) atau sinyal lampu lalu lintas (SLLL).

Menurut MKJI (1997), pada umumnya penggunaan sinyal lampu lalu lintas pada persimpangan dipergunakan untuk satu atau lebih alasan berikut ini :

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

- Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan- kendaraan dari arah yang bertentangan.

#### 2.4 Kondisi Arus Lalu Lintas

Kumpulan data arus lalu lintas diperlukan untuk menganalisa periode jam puncak dan jam lewat puncak. Arus lalu lintas di dalam smp/jam bagi masingmasing jenis kendaraan untuk kondisi terlindung dan atau terlawan dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut :

Tabel 2.4 *Ekivalensi Model Penumpang (emp) untuk perhitungan simpang bersinyal*

Tipe Kendaraan	Emp	
	Pendekat Terlindung	Pendekat Terlawan
LV	1,0	1,0
HV	1,3	1,3
MC	0.2	0,4

*Sumber : MKJI 1997 Hal 2-41*

Untuk masing-masing pendekatan rasio kendaraan belok kiri PLT, dan rasio belok kanan PRT, dihitung dengan rumus :

$$P_{LT} = \frac{LT (smp/Jam)}{Total (smp / Jam)}$$

$$P_{RT} = \frac{RT (smp/Jam)}{Total (smp / Jam)} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana :

LT = volume kendaraan yang belok kiri

RT = volume kendaraan yang belok kanan

Rasio kendaraan tak bermotor dihitung dengan rumus :

$$P_{UM} = Q_{UM} / Q_{MV} \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana :

$Q_{UM}$  = arus kendaraan tak bermotor (kend./jam)

$Q_{MV}$  = arus kendaraan bermotor (kend./jam)

## 2.5 Penentuan Waktu Sinyal

### 2.5.1 Tipe Pendekat

Tipe pendekat dibedakan menjadi dua yaitu :

- 1) Tipe terlawan (O = Opposed), apabila pada arus berangkat terjadi konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan.
- 2) Tipe terlindung (P = Protected), apabila pada arus berangkat tidak terjadi konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan.

### 2.5.2 Lebar Pendekat Efektif

Lebar pendekat efektif ( $W_e$ ) untuk pendekat dengan pulau lalu lintas maupun tanpa pulau lalu lintas dapat ditentukan dengan langkah sebagaiberikut :

- 1) Jika  $W_{LTOR} \geq 2$  m

Dalam hal ini dianggap bahwa keadaan LTOR dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan dalam pendekat selama sinyal merah. Selanjutnya arus lalu lintas belok kiri langsung (QLTOR) tidak disertakan dalam perhitungan waktu sinyal dan kapasitas, sehingga :

$$Q = Q_{ST} + Q_{RT} \dots\dots\dots(2.6)$$

Lebar pendekat efektif ditentukan dengan rumus :

$$\begin{aligned} W_e &= \min (W_A - W_{LTOR}) \\ &= \min W_{masuk} \dots\dots\dots(2.7) \end{aligned}$$

Periksa lebar keluar (hanya untuk tipe pendekat P)

$$\text{Jika } W_{KELUAR} < W_e (1 - PRT) \text{ Maka } W_e = W_{KELUAR} \dots\dots\dots(2.8)$$

2) Jika  $W_{LTOR} < 2 \text{ m}$

Dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan LTOR tidak dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan dalam pendekat selama sinyal merah. Selanjutnya arus lalu lintas belok kiri langsung (QLTOR) disertakan dalam perhitungan waktu sinyal dan kapasitas, sehingga :

$$Q = Q_{ST} + Q_{RT} + Q_{LTOR} \dots\dots\dots(2.9)$$

Lebar pendekat efektif ditentukan dengan rumus :

$$\begin{aligned} W_e &= \min W_A \\ &= \min (W_{masuk} + W_{LTOR}) \\ &= \min [W_A \times (1 + PLTOR) - W_{LTOR}] \\ &\dots\dots\dots(2.10) \end{aligned}$$

Periksa lebar keluar (hanya untuk tipe pendekat P)

$$\text{Jika } W_{KELUAR} < W_e (1 - PRT - PLTOR) \text{ Maka } W_e = W_{KELUAR} \dots\dots\dots(2.11)$$

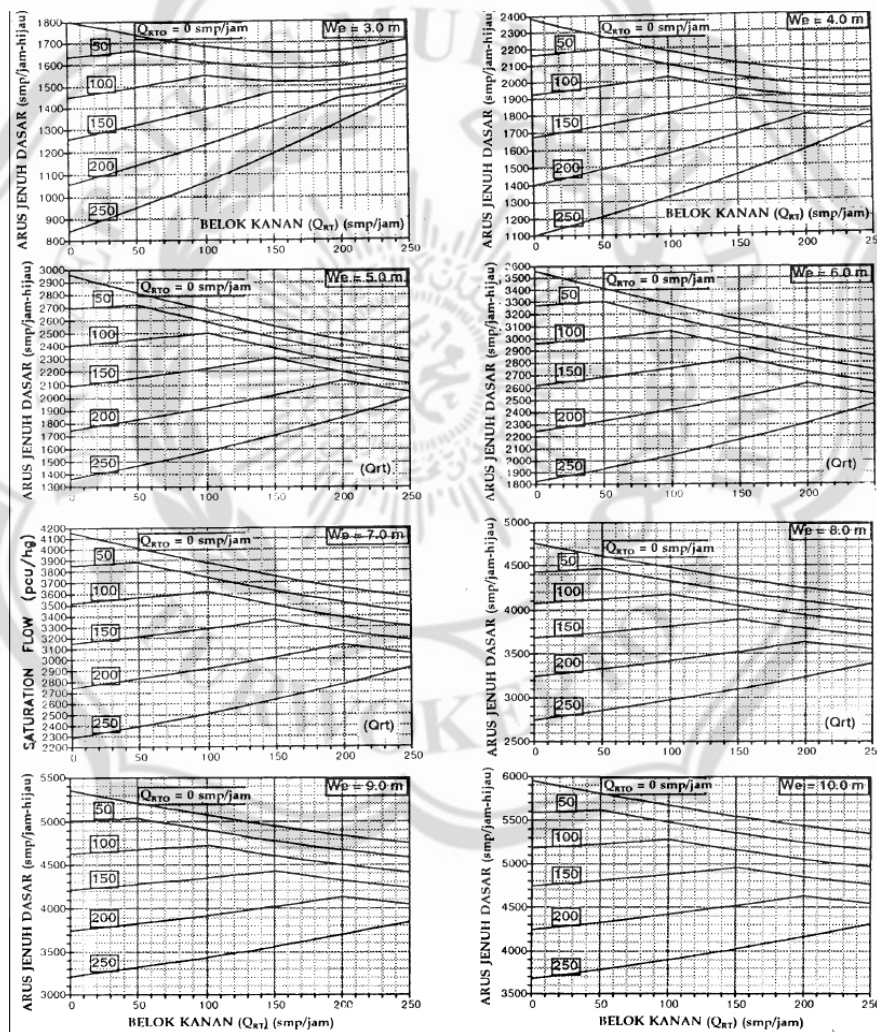
## 2.6 Arus Jenuh Dasar

Arus jenuh dasar (S0) yaitu besarnya keberangkatan antrian dalam pendekat selama kondisi ideal (smp/jam hijau).

- a. Untuk pendekat tipe P (arus terlindung) Dihitung dengan rumus :

$$S0 = 600 \times We \text{ smp/jam hijau} \dots\dots\dots(2.12)$$

Atau bisa menggunakan Grafik dibawah ini :

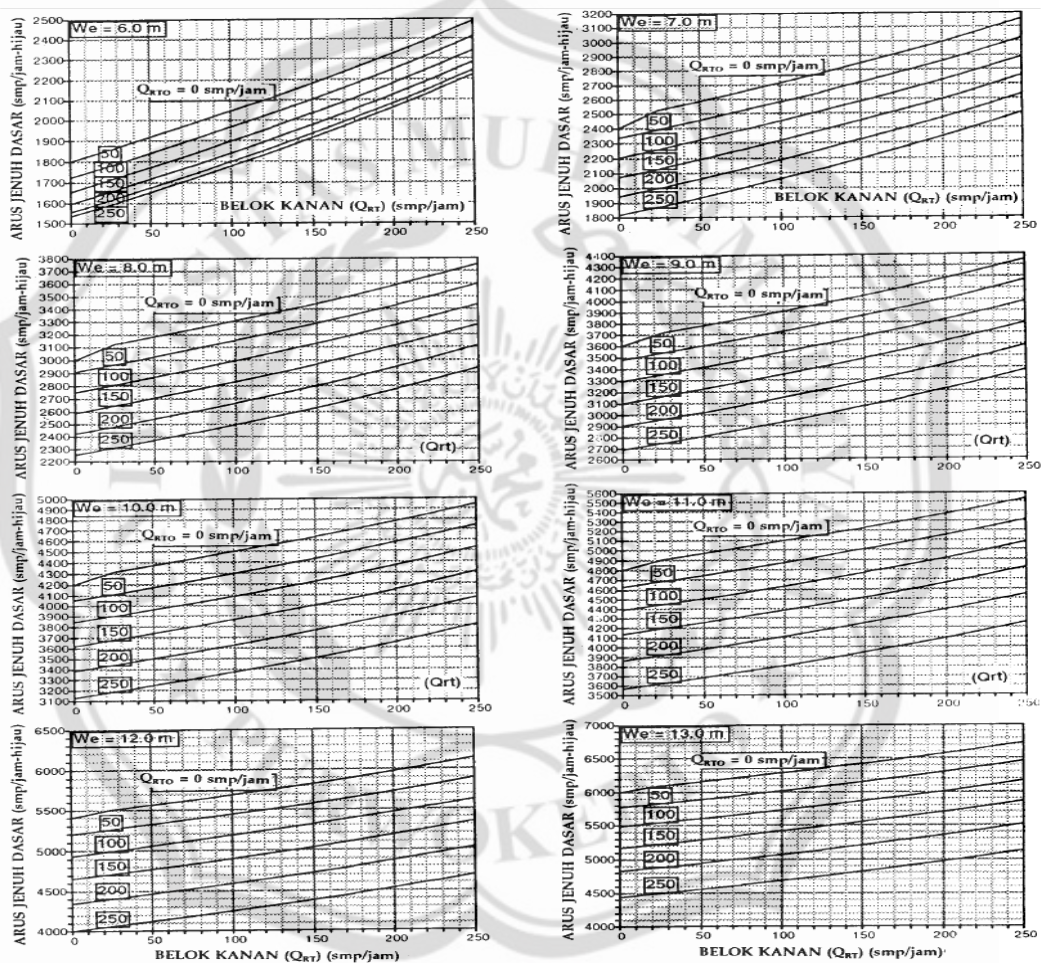


Gambar Grafik 2.1 Arus Jenuh Dasar Untuk Pendekat Tipe P

(Sumber MKJI Hal 2-4)

- b. Untuk pendekat tipe O (arus terlawan)

Arus jenuh dasar ditentukan berdasarkan gambar Grafik 2 (untuk pendekat tanpa lajur belok kanan terpisah) dan gambar Grafik 3 (untuk pendekat dengan lajur belok kanan terpisah). Gambar tersebut dipergunakan untuk mendapatkan nilai arus jenuh pada keadaan dimana  $We$  lebih besar atau lebih kecil daripada  $We$  sesungguhnya, dan dihitung hasilnya dengan interpolasi.



Gambar 2.2 Grafik  $So$  Untuk Pendekat Tipe  $O$  Dengan Lajur Belok Kanan Terpisah (Sumber MKJI Hal 2-52)

## 2.7 Faktor-faktor penyesuaian untuk simpang bersinyal

### 2.7.1 Faktor penyesuaian ukuran kota (FCS)

Faktor penyesuaian ukuran kota dapat diperoleh dari Tabel berikut

:

Tabel 2.5 *Faktor Penyesuaian Ukuran Kota*

Penduduk kota (juta jiwa)	Faktor penyesuaian ukuran kota (Fcs)
>3,0	1,05
1,0 - 3,0	1,00
0,5 - 1,0	0,94
1,0 - 0,5	0,83
<0,1	0,82

*Sumber : MKJI 1997 (Hal 2 – 53)*

### 2.7.2 Faktor penyesuaian untuk Tipe lingkungan jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan tak bermotor (FSF)

Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor dapat diperoleh dari Tabel berikut :

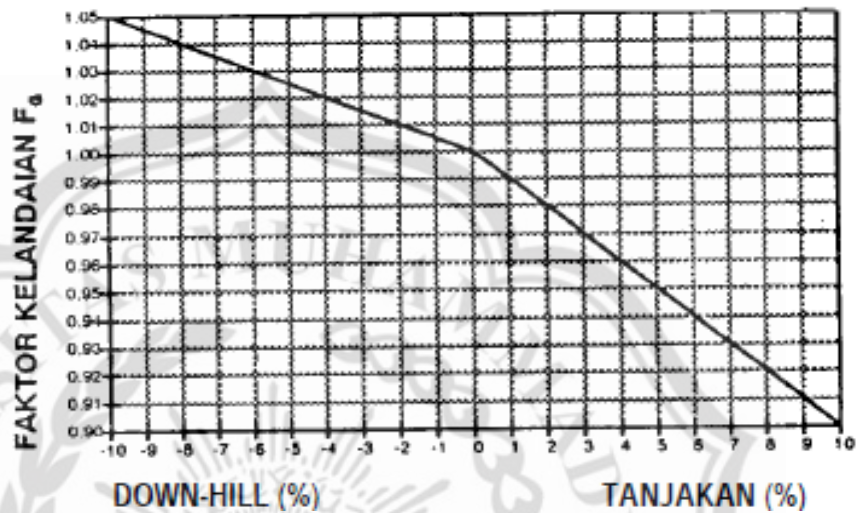
Tabel 2.6 *Faktor Penyesuaian Untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Sampung Dan Kendaraan Tak Bermotor (FSF)*

Lingkungan Jalan	Hambatan Sampung	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
Komersil (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	0,99	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	0,80	0,86
Akses Terbatas	Tinggi/Sedang/	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
	Rendah	Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

*Sumber : MKJI 1997 Hal 2-53*

### 2.7.3 *Faktor Penyesuaian kelayaan (FG)*

Faktor penyesuaian kelayaan (FG) ditentukan dengan grafik 4 berikut :



Gambar Grafik 2.3 *Faktor Penyesuaian untuk Kelayaan (FG)*  
(Sumber MKJI Hal 2-54)

### 2.7.4 *Faktor Penyesuaian Parkir (FP)*

Faktor penyesuaian parkir (FP), dapat dihitung dengan rumus :

$$Fp = [Lp / 3 - (WA - 2) \times (Lp / 3 - g) / WA] / g \quad \dots\dots\dots(2.13)$$

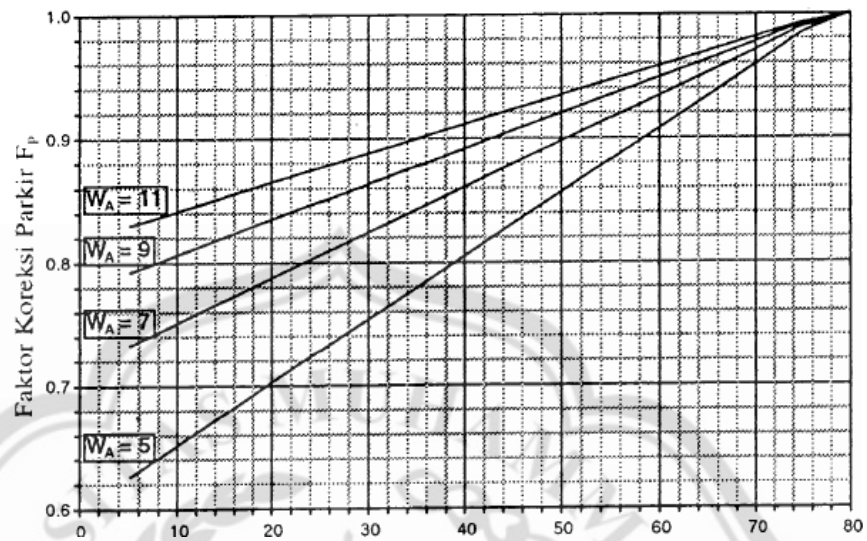
dimana:

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

$WA$  = Lebar pendekat (m).

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

Atau dengan grafik berikut ini :



Gambar Grafik 2.4 *Faktor Penyesuaian Untuk Pengaruh Parkir Dan Lajur Belok Kiri Yang Pendek (FP)* (Sumber MKJI Hal 2-54)

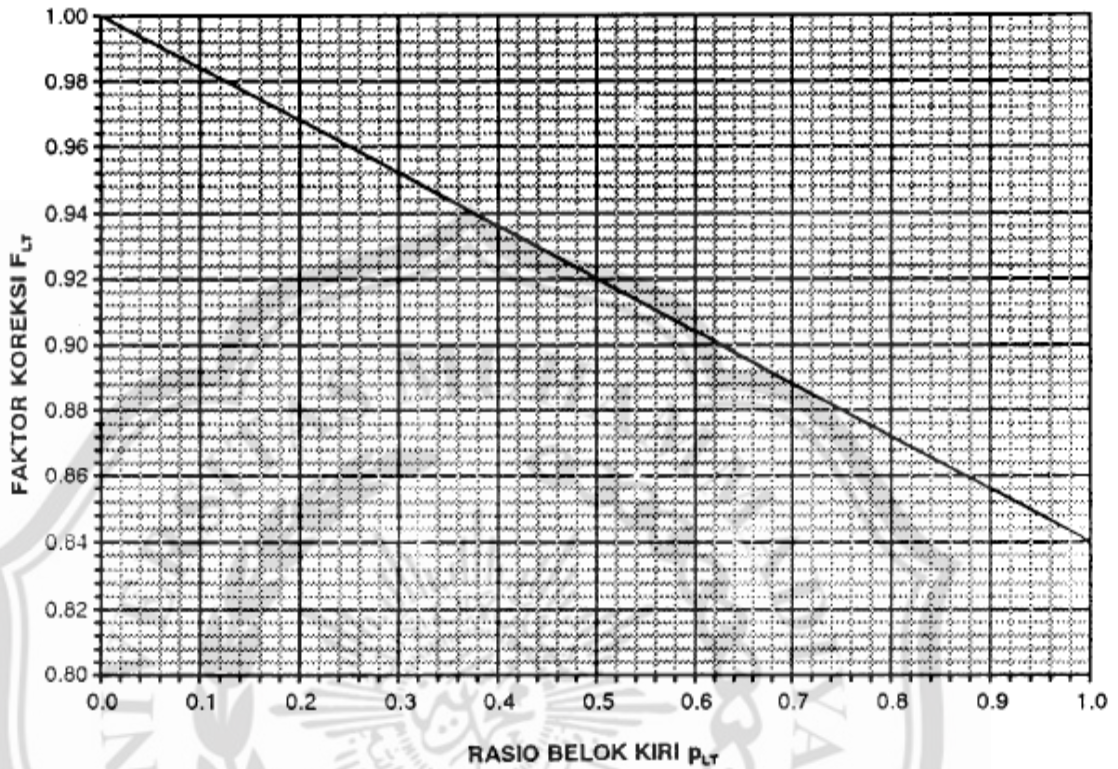
2.7.5 Faktor penyesuaian belok kiri (FLT)

- 1) Untuk pendekatan tipe P (arus terlindung), tanpa LTOR, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Nilai FLT dapat dihitung dengan rumus :

$$FLT = 1,0 - PLT \times 0,16 \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana : PLT = Rasio belok kiri

Atau dengan grafik berikut :



Gambar Grafik 2.5 *Faktor Penyesuaian Untuk Pengaruh Belok Kiri (FLT)*

(Sumber MKJI Hal 2-56)

- 2) Untuk pendekatan tipe terlawan (O), arus berangkat pada umumnya lebih lambat, maka tidak diperlukan penyesuaian untuk pengaruh rasio belok kiri.

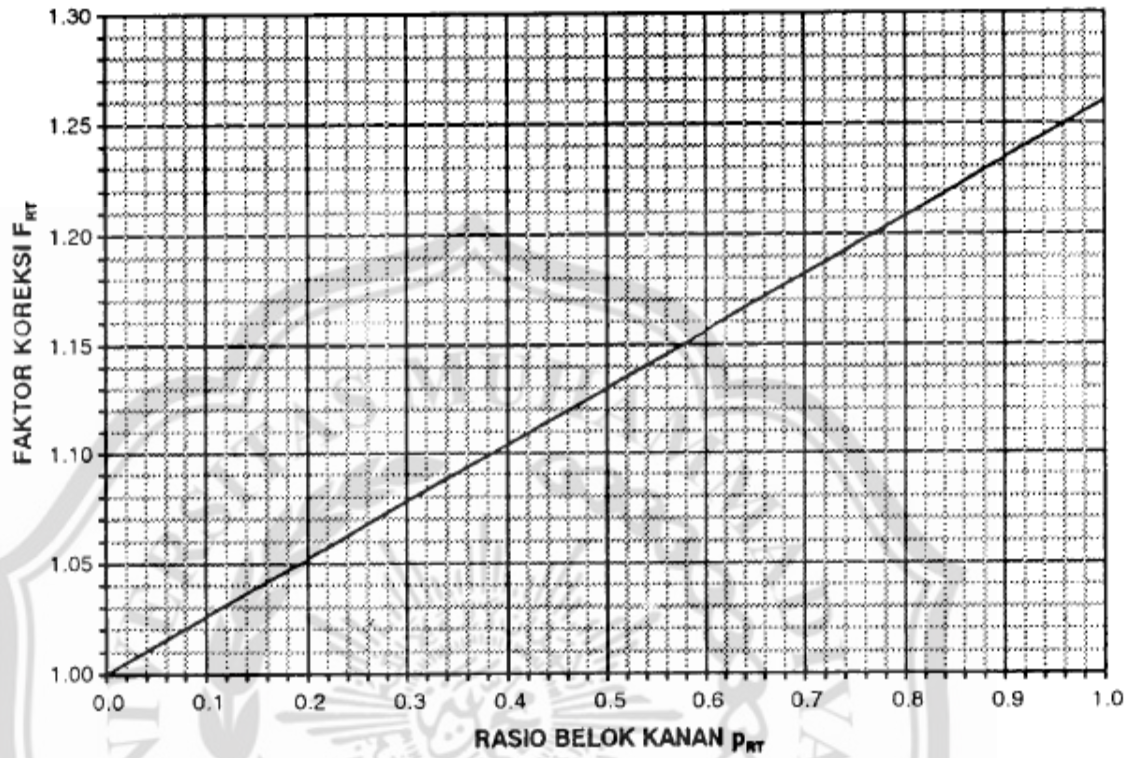
2.7.6 Faktor Penyesuaian Belok Kanan (FRT)

1. Untuk pendekatan tipe P (terlindung) tanpa median, jalan dua arah, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk, nilai FRT dapat dihitung dengan rumus :

$$FRT = 1,0 - PRT \times 0,26 \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana : PRT = Rasio belok kanan

Atau dengan grafik berikut :



Gambar 2.6 Grafik Faktor Penyesuaian Belok Kanan (FRT)

(Sumber MKJI Hal 2-55)

2. Untuk pendekatan dengan kondisi selain seperti yang tersebut pada bagian 1) di atas, nilai  $F_{RT} = 1,0$ .

### 2.7.7 Arus Jenuh yang disesuaikan

Arus jenuh yang disesuaikan (S) yaitu besarnya keberangkatan antrian dalam pendekat selama kondisi tertentu setelah disesuaikan dengan kondisi persimpangan (smp/jam hijau). Nilai arus jenuh yang disesuaikan dihitung dengan rumus :

$$S = S_0 \times FCS \times FSF \times FG \times FP \times FRT \times FLT \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

- S = arus jenuh yang disesuaikan (smp/jam hijau)
- S<sub>0</sub> = arus jenuh dasar (smp/jam)
- FCS = faktor penyesuaian ukuran kota
- FSF = faktor penyesuaian hambatan samping
- FG = faktor penyesuaian kelandaian
- FP = faktor penyesuaian parker
- FRT = faktor penyesuaian belok kanan
- FLT = faktor penyesuaian belok kiri

## 2.8 **Rasio Arus / Rasio Arus Jenuh**

2.8.1 *Rasio Arus (FR) masing-masing pendekat dapat dihitung dengan rumus :*

$$FR = Q / S \dots\dots\dots(2.17)$$

*Rasio Arus Simpang (IFR) dihitung sebagai jumlah dari nilai-nilai FR.*

$$IFR = \sum(FRCRIT) \dots\dots\dots(2.18)$$

2.8.2 *Rasio Fase (PR) masing-masing fase sebagai rasio antara FRCRIT dan IFR.*

$$PR = FRCRIT / IFR \dots\dots\dots(2.19)$$

## 2.9 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Waktu siklus adalah urutan lengkap dari indikasi sinyal (antara dua saat permulaan hijau yang berurutan didalam pendekat yang sama). Waktu siklus yang paling rendah akan menyebabkan kesulitan bagi pejalan kaki untuk menyeberang, sedangkan waktu siklus yang lebih besar menyebabkan memanjangnya antrian kendaraan dan bertambahnya tundaan, sehingga akan mengurangi kapasitas keseluruhan simpang.

### a. Waktu siklus sebelum penyesuaian

Waktu siklus sebelum penyesuaian (*cua*) dihitung dengan rumus :

$$cua = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \dots\dots\dots(2.20)$$

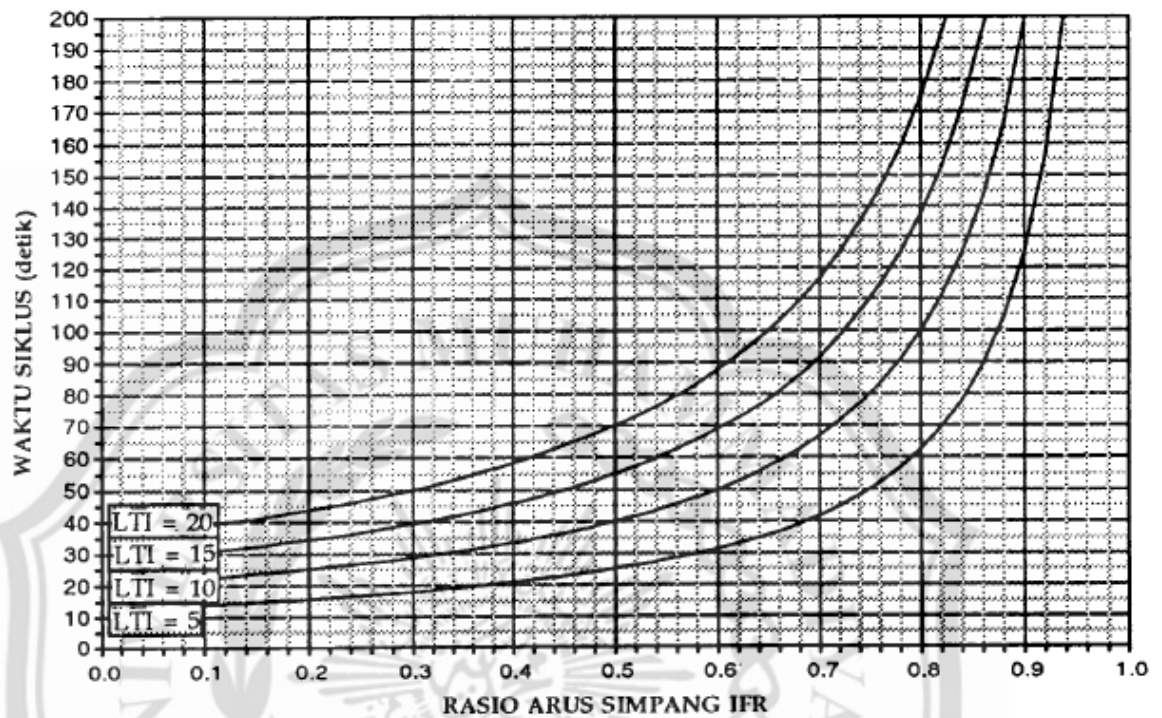
dimana :

*cua* = waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)

LTI = waktu hilang total per siklus (det)

IFR = rasio arus simpang  $\Sigma$  (FRCRIT)

Waktu siklus sebelum penyesuaian juga dapat diperoleh dari grafik berikut :



Gambar Grafik 2.7 Penetapan Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian  
(Sumber MKJI Hal 2-59)

Untuk memperoleh waktu siklus yang optimal untuk keadaan yang berbeda, dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.7 Waktu siklus yang disarankan

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus Yang Layak (det)
Pengaturan dua – fase	40 – 80
Pengaturan tiga – fase	50 -100
Pengaturan empat – fase	80 – 130

Sumber : MKJI 1997 Hal 2-60

Nilai-nilai yang lebih rendah dipakai untuk simpang dengan lebar jalan < 10 m, nilai yang lebih tinggi untuk jalan yang lebih lebar. 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 ini 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.

b. Waktu Hijau

Waktu hijau (g) dapat dihitung dengan rumus :

$$g_i = (cua - LTI) \times PR_i \dots\dots\dots(2.21)$$

dimana :

- g<sub>i</sub> = tampilan waktu hijau pada fase i (det)
- cua = waktu siklus sebelum penyesuaian (det)
- LTI = waktu hilang total per siklus
- PR<sub>i</sub> = rasio fase FRCRIT / Σ FRCRIT

Waktu 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.

c. Waktu siklus yang disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan (c) dapat dihitung dengan rumus :

$$c = \sum g + LTI \dots\dots\dots(2.22)$$

## 2.10 Kapasitas

Kapasitas (C) adalah jumlah lalu lintas maksimum yang dapat ditampung oleh suatu pendekat dalam waktu tertentu. Kapasitas pada persimpangan didasarkan pada konsep dan angka arus aliran jenuh (Saturation Flow). Angka Saturation Flow didefinisikan sebagai angka maksimum arus yang dapat melewati pendekat pertemuan jalan menurut kontrol lalu lintas yang berlaku dan kondisi jalan. Saturation Flow dinyatakan dalam unit kendaraan per jam pada waktu lampu hijau, di mana hitungan kapasitas masing-masing pendekat adalah :

$$C = S \times g/c \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana :

- C = kapasitas
- S = arus jenuh
- g = waktu hijau
- c = waktu siklus

Nilai kapasitas dipakai untuk menghitung derajat kejenuhan (DS) masing masing pendekat.

$$DS = Q / C \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana :

- DS = derajat kejenuhan
- Q = arus lalu lintas pada pendekat tersebut (smp/jam)

## 2.11 Perilaku Lalu Lintas

### 2.11.1 Panjang Antrian

Jumlah antrian yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ1) dihitung berdasarkan nilai derajat kejenuhan dengan menggunakan rumus berikut :

a) Untuk  $DS > 0,5$

$$NQ1 = 0,25 \times C \times \left[ (DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + (8 \times (DS - 0,5)/C)} \right] \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana :

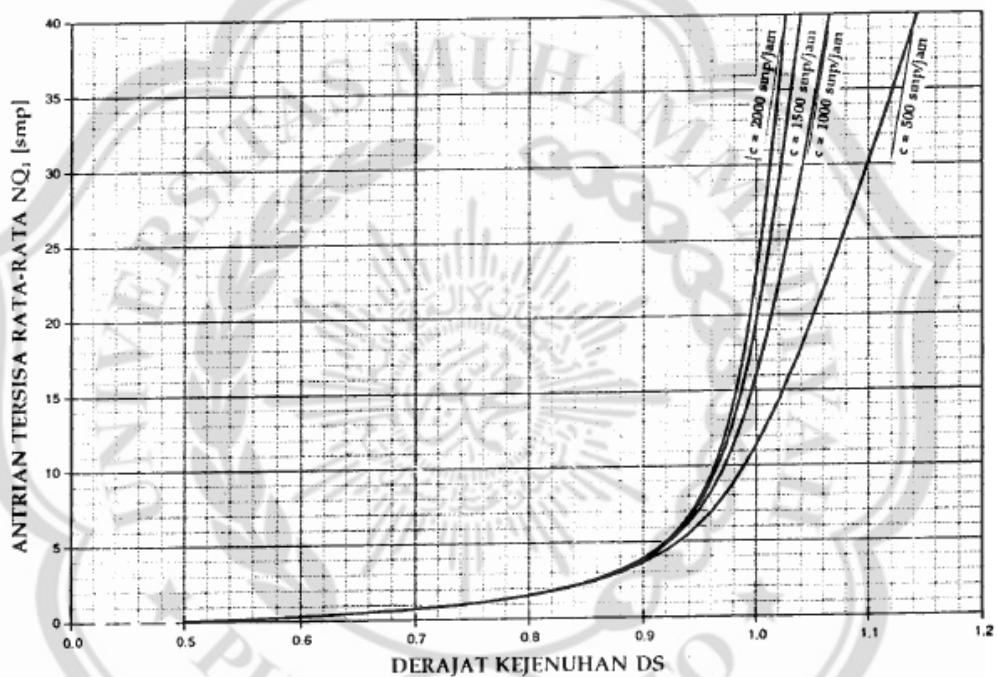
NQ1 = jumlah smp yang tersisa dari fase sebelumnya (smp)

DS = derajat kejenuhan

C = kapasitas (smp/jam)

b) Untuk  $DS \leq 0,5$  ,  $NQ1 = 0$

Atau dengan grafik berikut :



Gambar Grafik 2.8 Jumlah Kendaraan Antri (Smp) Yang Tersisa Dari Fase Hijau Sebelumnya (NQ1)

(Sumber MKJI Hal 2-64)

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

$$NQ2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana :

NQ2 = jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = derajat kejenuhan

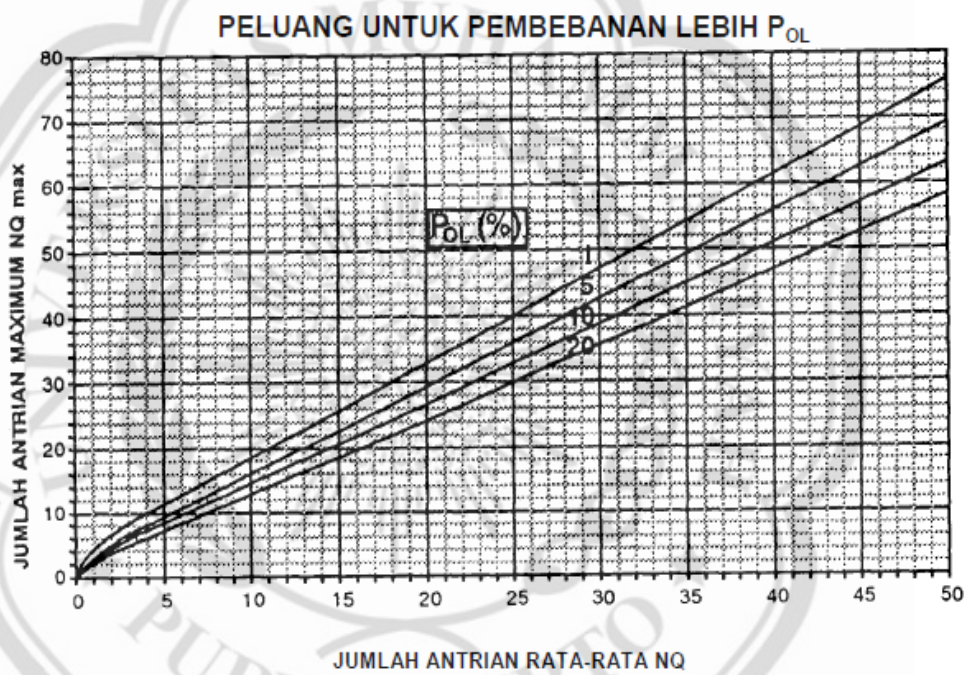
GR = rasio hijau

C = waktu siklus  
 Q = arus lalu lintas pada tempat masuk di luar  
 LTOR

Jumlah antrian kendaraan secara keseluruhan adalah :

$$NQ = NQ1 + NQ2 \dots\dots\dots(2.27)$$

Nilai Q max dapat ditentukan dari grafik berikut :



Gambar 2.9 Grafik Perhitungan Jumlah Atrian (NQmax) Dalam Smp  
 (Sumber MKJI Hal 2-66)

Panjang antrian (QL) didapat dengan mengalikan NQmax dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m<sup>2</sup>) kemudian membaginya dengan lebar masuk pendekat.

$$QL = \frac{NQmax}{Wmasuk} \dots\dots\dots(2.28)$$

## 2.12 Kendaraan Terhenti

- a. Angka Henti (NS) untuk masing-masing pendekat yang didefinisikan jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian) yang nilainya dapat dihitung dengan rumus:

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana : c = waktu siklus (det)

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

- b. Jumlah kendaraan terhenti (NSV) untuk masing-masing pendekat dihitung dengan rumus :

$$NSV = Q \times NS \dots\dots\dots(2.30)$$

- c. Selanjutnya angka henti rata-rata untuk seluruh simpang (NSTOT) dihitung dengan rumus :

$$NSTOT = \sum NSV / QTOT \dots\dots\dots(2.31)$$

## 2.13 Tundaan

Tundaan (D) adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang dibandingkan dengan lintasan tanpa melalui simpang.

### 2.13.1 Tundaan lalu lintas rata-rata (DT)

Tundaan lalu lintas rata-rata adalah tundaan yang disebabkan oleh interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas lainnya pada suatu simpang yang nilainya dapat dihitung dengan rumus :

$$DT = c \times A + \frac{NQ1+3600}{c} \dots\dots\dots(2.32)$$

Dimana :

- DT = tundaan lalu lintas rata-rata (det/smp)
- C = waktu siklus yang disesuaikan (det)
- A =  $\frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)}$
- GR = rasio hijau (g/c)
- DS = derajat kejenuhan
- NQ1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya
- C = kapasitas (smp/jam)

### 2.13.2 Tundaan Geometri Rata-rata (DG)

Tundaan geometri rata-rata adalah tundaan yang disebabkan oleh percepatan atau perlambatan kendaraan yang membelok di persimpangan dan atau yang terhenti di lampu merah yang nilainya dapat dihitung dengan rumus :

$$DG_j = (1 - PSV) \times PT \times 6 + (PSV \times 4) \dots\dots\dots(2.33)$$

Dimana :

- DG<sub>j</sub> = tundaan geometri rata-rata untuk pendekat (det/smp)
- PSV = rasio kendaraan terhenti pada pendekat = Min(NS,1)
- PT = rasio kendaraan berbelok pada pendekat

Untuk arus belok kiri jalan terus (LTOR) nilai DG = 6.

### 2.13.3 Tundaan Rata-rata (DR)

Tundaan rata-rata merupakan jumlah dari tundaan lalu lintas rata rata (DT) dan tundaan geometri rata-rata (DG).

$$Tundaan\ rata\ rata(DT) = DT + DG \dots\dots\dots(2.34)$$

#### 2.13.4 Tundaan total (Dtotal)

Didapat dengan mengalikan tundaan rata dengan arus lalu lintas (Q).

$$Tundaan\ total\ (D\ total) = D \times Q \quad \dots\dots\dots(2.35)$$

#### 2.13.5 Tundaan rata-rata simpang (Di)

$$Di = \frac{\sum D\ total}{Q\ total} \quad \dots\dots\dots(2.36)$$

### 2.14 **Tingkat Pelayanan Simpang**

Tingkat pelayanan simpang adalah ukuran kualitas kondisi lalu lintas yang dapat diterima oleh pengemudi kendaraan. Tingkat pelayanan umumnya digunakan sebagai ukuran dari pengaruh yang membatasi akibat peningkatan volume setiap ruas jalan yang dapat digolongkan pada tingkat tertentu yaitu antara A sampai F.

Tabel 2.8 *Tingkat Pelayanan Simpang*

Tingkat Pelayanan	Tundaan per kendaraan (det/kend)
A	$\leq 5$
B	$> 5,1 - 15$
C	$> 15,2 - 25$
D	$> 25,1 - 40$
E	$> 40,1 - 60$
F	$\geq 60,0$

## 2.15 Pertumbuhan Lalu Lintas

Pertumbuhan lalu lintas pada setiap tahunnya selalu mengalami peningkatan, hal ini dikarenakan semakin bertambahnya jumlah pengguna kendaraan. Untuk memprediksi pertumbuhan lalu lintas digunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_t = P_0 (1 + i)^n \dots\dots\dots(2.37)$$

Dimana :

- i = Angka Pertumbuhan Lalu Lintas
- n = Jumlah Tahun
- P<sub>t</sub> = Jumlah Kendaraan Terbaru
- P<sub>0</sub> = Jumlah Kendaraan Perbandingan



## 2.16 Penelitian Terdahulu

---

No	Referensi Jurnal
1	Judul Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Dukuhwaluh Purwokerto
	Peneliti Sulfah Anjarwati
	Tujuan Menganalisis kapasitas, panjang antrian, dan derajat kejenuhan yang terjadi pada simpang bersinyal Dukuhwaluh Purwokerto
	Metodelogi MKJI 1996
	Hasil Hasil analisis penelitian yang didapat pada simpang Dukuhwaluh dapat diketahui bahwa arus lalu lintas di persimpangan Dukuhwaluh mencapai 709 smp/jam dan kapasitas persimpangan sebesar 665 smp/jam. Derajat kejenuhan persimpangan Dukuhwaluh lebih dari 0,85 yaitu 1,065 maka persimpangan ini dalam ambang lewat jenuh pada masing-masing ruas persimpangan. Panjang antrian maksimum adalah 225 m, tundaan dari simpang tersebut adalah 68,93 detik/smp, maka persimpangan tersebut masuk Indek Tingkat Pelayanan (ITP) F yang mempunyai kondisi arus lalu lintas berada dalam keadaan dipaksakan, kecepatan relatif rendah, arus lalu lintas sering berhenti sehingga sering terjadi antrian kendaraan yang panjang.

---

---

No	Referensi Jurnal
1	Judul Analisa Kinerja Simpang Bersinyal pada Simpang Boru Kota Serang
	Peneliti Arief Budiman, Dwi Esti Intari, Desy Mulyawati
	Tujuan Menganalisis kapasitas, panjang antrian, dan derajat kejenuhan yang terjadi pada simpang bersinyal pada simpang Boru Kota Serang
	Metodelogi MKJI 1996
	Hasil Hasil analisis penelitian yang didapat pada simpang Boru dapat diketahui bahwa pada satu pendekat mengalami jenuh yaitu pada pendekat Utara dengan derajat kejenuhan (DS) sebesar 0.77 ( $DS < 0.75$ tidak jenuh) sedangkan pada pendekat selatan, barat dan timur menghasilkan derajat kejenuhan masing-masing sebesar 0.61, 0.34 dan 0.30 ( $DS > 0.75$ jenuh). Panjang antrian tertinggi pada simpang adalah sebesar 40.70 m. besar nilai angka henti seluruh simpang adalah 0.70 stop/smp. Tundaan rata-rata simpang yang dihasilkan adalah 30.96 det/smp dan masuk tingkat pelayanan simpang (LOS) dengan tingkat D dimana nilai tundaan 25.1-40 det/smp Untuk meningkatkan kinerja simpang Boru dilakukan alternatif perbaikan dengan melakukan perubahan waktu siklus, perubahan fase, pelebaran geometrik serta kombinasi antara pelebaran geometrik dan perubahan fase. Dari keempat alternatif tersebut dipilih alternatif pelebaran geometrik dan perubahan fase dimana hasil derajat kejenuhan pada pendekat utara = 0.35, pendekat selatan = 0.45, pendekat barat = 0.52 serta pendekat utara = 0.52 dengan tingkat pelayanan simpang berada pada tingkat B.

---

No	Referensi Jurnal
2	<p><b>Judul</b> Analisa Kinerja Simpang bersinyal (Studi Kasus jalan Teuku Umar Barat – Jalan Gunung Salak)</p> <p><b>Peneliti</b> Jaya Wikrama</p> <p><b>Tujuan</b> Bertujuan untuk mendapatkan gambaran kondisi simpang untuk mengatasi permasalahan yang terjadi, terutama yang berkaitan dengan kondisi operasional simpang yang ditunjukkan dengan nilai kapasitas, derajat kejenuhan, panjang antrian, kendaraan terhenti serta tundaan yang terjadi.</p> <p><b>Metodelogi</b> MKJI 1997</p> <p><b>Hasil</b> hasil analisa sebagai berikut yaitu kinerja Simpang Jalan Teuku Umar Barat – Jalan Gunung Salak eksisting untuk kaki Utara, Selatan, Barat dan Timur menghasilkan kisaran nilai kapasitas sebesar 237-259 smp/jam, 304-324 smp/jam, 740-950 smp/jam dan 630-813 smp/jam. Panjang antrian adalah 120-487 m, 55-83 m, 74-105 m, dan 271-2879 m. Nilai derajat kejenuhan adalah 0,95-1,37, 0,56-0,75, 0,64-0,76 dan 0,99-1,45. Ratarata tundaan seluruh lengan simpang adalah 59,95-598,24 detik/smp dengan tingkat pelayanan pada jam puncak adalah E s/d F. Dari hasil analisis alternatif pemecahan masalah diperoleh tiga alternatif, yaitu Alternatif-1 (Analisis Pengaturan Ulang Lampu Lalu Lintas) dengan 12 pengaturan waktu siklus yang menghasilkan tingkat pelayanan C-F, Alternatif-2 (Kombinasi Pelebaran</p>

---

Geometrik Simpang dengan Pengaturan Ulang Lampu Lalu Lintas) yang menghasilkan tingkat pelayanan C-F. Alternatif ini merupakan solusi terbaik dari permasalahan Simpang Jalan Teuku Umar Barat – Jalan Gunung Salak, dan Alternatif-3 (Menghilangkan Pergerakan di Kaki Selatan dikombinasikan dengan Pengaturan Ulang Lampu Lalu Lintas) dengan tetap menggunakan 2 Fase menunjukkan kinerja simpang selama 12 jam dengan tingkat pelayanan C-



No	Referensi Jurnal
1	<p><b>Judul</b> Analisis Nilai Pertumbuhan Lalu Lintas dan Perkiraan Volume Lalu Lintas Dimasa Mendatang Berdasarkan Volume Lalu Lintas Harian Rata-Rata (Studi Kasus Ruas Jalan SP. Lago - Sorek / Jalan Lintas Timur)</p> <p><b>Peneliti</b> Wahyuni Wahab, Leo Santosa, Mardani Sebayang</p> <p><b>Tujuan</b> Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai pertumbuhan lalu lintas berdasarkan nilai volume lalu lintas dari survei UR Research Institute di Sp. Jalan Lago - Sorek pada 2006 hingga 2013 tanpa data volume lalu lintas pada 2008. Dan juga untuk memperkirakan masa depan volume lalu lintas pada periode 5 tahun, 10 tahun, dan 20 tahun kemudian menggunakan nilai pertumbuhan lalu lintas dan metode analisis regresi</p> <p><b>Metodelogi</b> metode yang digunakan dalam menentukan nilai pertumbuhan pada deret data yang tidak lengkap adalah metode rata-rata ukur nilai periode dan metode rumus bunga majemuk nilai periode</p> <p><b>Hasil</b> Hasilnya menunjukkan nilai pertumbuhan lalu lintas di Sp. Jalan Lago-Sorek berdasarkan rata-rata volume lalu lintas harian adalah 6,82% dari total kendaraan (kend / hari) dan 4,12% untuk total kendaraan (Smp / hari), volume lalu lintas memperkirakan total kendaraan berdasarkan nilai pertumbuhan lalu lintas untuk tahun 2018 adalah 8429 (kend / hari) dan 10050 (smp / hari), untuk tahun 2023 adalah 11721 (kend / hari) dan 1230 (smp / hari), dan untuk tahun 2033 adalah 22666 (kend / hari) dan 10513 (smp / hari). Perkiraan volume lalu lintas Total Kendaraan dengan persamaan analisis regresi tanpa data volume lalu lintas pada tahun 2008 untuk tahun 2018 berjumlah 6915 (kend / hari) dan 9239 (smp / hari), untuk</p>

tahun 2023 berjumlah 7480 (kend / hari) dan 9759 (smp / hari), dan untuk tahun 2033 berjumlah 8320 (kend / hari) dan 10513 (smp / hari)

No	Referensi Jurnal	
1	Judul	Model Kapasitas untuk Persimpangan yang Ditetapkan di Bawah Dampak Jalur Pendek Hulu
	Peneliti	Jing ZHAO, Meiping YUN, Xiaoguang YANG
	Tujuan	Memperkirakan kapasitas kelompok jalur di persimpangan dengan pertimbangan efek jalur pendek hulu berdasarkan teori probabilitas
	Metodelogi	Highway Capacity Manual (HCM) 2010
	Hasil	Hasil analisis yang didapat pada Jalan Cao'an Shanghai China dapat diketahui bahwa jalur pendek hulu mungkin berdampak besar pada kapasitas, yang secara positif terkait dengan efektif waktu hijau dan berhubungan negatif dengan panjang jalur pendek. Untuk tujuan operasi yang baik, panjang jalur pendek umumnya harus tidak kurang dari 100m. Dampak jalur pendek pada kapasitas sensitif terhadap rencana urutan fase. Diantara tiga kasus fase rencana urutan, kasus 2 (gerakan yang menyebabkan penyumbatan mengikuti gerakan yang mungkin diblokir) akan menyebabkan dampak yang lebih signifikan pada kapasitas kelompok jalur. Dengan pertimbangan jalur pendek, mungkin ada panjang siklus optimal untuk kapasitas maksimum. Barapa

---

faktor dalam model terkait erat dengan perilaku pengemudi dan kondisi lalu lintas lokal, seperti dasar laju aliran saturasi, headway ruang untuk kendaraan antrian, distribusi kedatangan kendaraan, dan sebagainya. Namun, mereka tidak dibahas dalam model. Untuk aplikasi dalam praktik, mereka harus dikalibrasi untuk lalu lintas lokal.

---

