

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Umum

Persimpangan adalah simpul pada jaringan jalan dimana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan saling berpotongan. Arus lalu lintas pada pada masing-masing kaki persimpangan menggunakan ruang jalan pada persimpangan secara bersama-sama dengan arus lalu lintas lainnya.

Persimpangan merupakan tempat yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadi konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya ataupun kendaraan dengan pejalan kaki, oleh karena itu merupakan aspek yang sangat penting bagi pengendalian arus lalu lintas di persimpangan.

2.2 Prinsip Dasar APILL

APILL adalah alat pemberi isyarat lampu lalu lintas, pada umumnya dipasang pada daerah persimpangan dengan tujuan untuk mengatur arus lalu lintas. Persimpangan dengan APILL merupakan peningkatan dari persimpangan biasa (tanpa APILL), dimana berlaku suatu aturan prioritas tertentu yaitu lalu lintas dari arah lain.

Kriteria bagi persimpangan yang harus sudah menggunakan APILL adalah :

1. Arus lalu lintas minimum yang melewati ruas jalan rata-rata 750 kendaraan / jam selama 8 jam pengamatan sehari.
2. Waktu tundaan rata-rata kendaraan di persimpangan selama 30 detik.
3. Persimpangan digunakan oleh lebih dari 175 pejalan kaki/jam selama 8 jam pengamatan sehari.
4. Jumlah kecelakaan \geq 5 kecelakaan per-tahun (*Fatal Accident*).
5. Kombinasi antara 1 - 4 sudah bisa dipasang APILL.

(Pedoman Teknis Pengaturan Lalu Lintas di-Persimpangan Berdiri Sendiri dengan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas, Departemen Perhubungan, Direktur Jenderal Perhubungan Darat, 2006).

Jenis-jenis APILL :

1. Lampu tiga warna untuk mengatur kendaraan.
Susunan lampu tiga warna tersebut adalah cahaya warna merah, kuning dan hijau
2. Lampu dua warna untuk mengatur kendaraan dan atau pejalan kaki.
Susunan lampu dua warna tersebut adalah cahaya warna merah dan hijau

3. Lampu satu warna untuk memberikan peringatan bahaya kepada pemakai jalan (lampu tersebut berwarna kuning atau merah).

Fungsi APILL adalah :

1. Mengatur pemakaian ruang pada persimpangan.
2. Meningkatkan keteraturan arus lalu lintas.
3. Meningkatkan kapasitas dari persimpangan.
4. Mengurangi kecelakaan dalam arah tegak lurus.

Persimpangan baik yang diatur dengan APILL maupun tanpa APILL pada prinsipnya mengijinkan lalu lintas belok kiri secara langsung, bila lalu lintas belok kiri menimbulkan gangguan pada lalu lintas menerus, maka dapat dipasang lampu filter atau rambu perintah belok kiri mengikuti isyarat lampu.

Perhitungan waktu nyala lampu APILL harus ditinjau sekurang-kurangnya satu kali dalam tiga bulan.

2.3 Kondisi Geometrik

Kondisi geometrik adalah : kondisi permukaan jalan atau persimpangan berdasarkan kenyataan yang ada.

Informasi dasar yang diperlukan dari data geometrik persimpangan meliputi :

1. Lebar masing-masing mulut persimpangan/kaki persimpangan.
2. Lebar masing-masing lajur.
3. Tata guna lahan di sekitar persimpangan.
4. Lebar bahu jalan dan trotoar di sekitar persimpangan.
5. Rambu dan tanda di permukaan jalan yang digunakan di daerah sekitar persimpangan.

2.4 Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas adalah : jumlah unsur lalu lintas yang melewati penampang tertentu pada suatu ruas jalan per-satuan waktu, sebelumnya dikenal dengan volume lalu lintas.

Rumus perhitungan arus lalu lintas sebagai berikut :

$$Q = N/T \dots\dots\dots(2.1)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- Keterangan : Q = Arus lalu lintas (smp/jam)
N = Jumlah kendaraan (smp)
T = Waktu (jam)

Arus lalu lintas untuk setiap gerakan belok kiri (Q_{LT}), lurus (Q_{ST}) dan belok kanan (Q_{RT}) dikonversi dari kendaraan per-jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per-jam dengan menggunakan ekivalen mobil penumpang (emp) untuk masing masing tipe pendekat, baik terlindung maupun terlawan

Tabel : 2.1 Ekivalen Mobil Penumpang (emp)

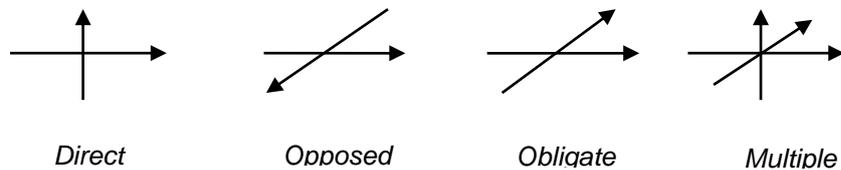
Jenis Kendaraan	emp Untuk Tipe Pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1.0	1.0
Kendaraan Berat (HV)	1.3	1.3
Sepeda Motor (MC)	0.2	0.4

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

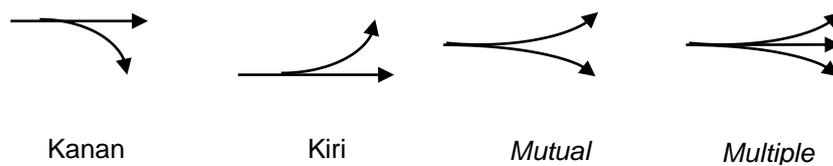
2.4.1 Pergerakan pada Persimpangan

Terdapat empat jenis pergerakan yang terjadi pada persimpangan yaitu : berpotongan (*crossing*), berpencar (*diverging*), bergabung (*merging*), dan bersilangan (*weaving*). Alih gerak berpotongan lebih berbahaya dari pada bersilangan, dan secara berurutan, lebih berbahaya dari alih gerak yang bergabung dan berpencar.

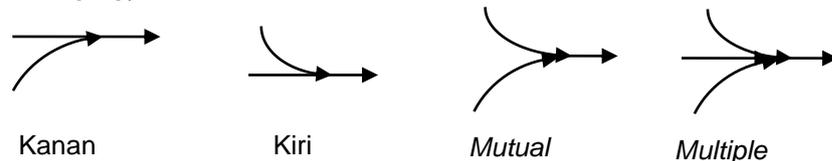
1. Berpotongan (*Crossing*).



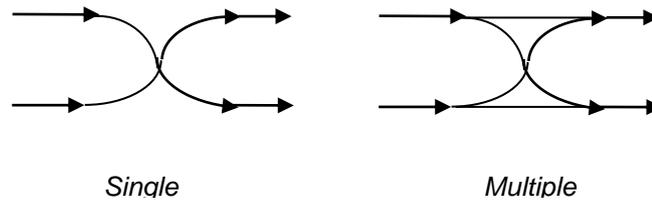
2. Berpencar (*diverging*).



3. Bergabung (*merging*).



4. Bersilangan (*weaving*).

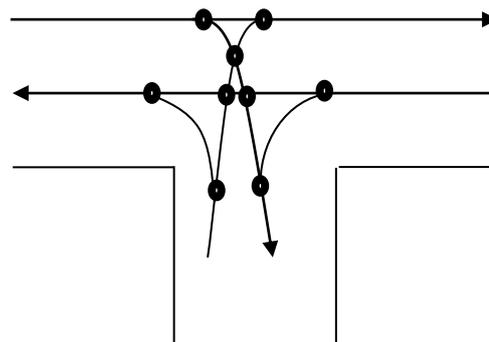


Gambar : 2.1 Jenis-Jenis Dasar Pergerakan

Sumber : Juniardi, Analisis Arus Lalu Lintas di Simpang Tak Bersinyal, Universitas Diponegoro, Semarang, 2006, Hobbs.F.D, 1974

2.4.2 Titik Konflik pada Persimpangan

Dalam daerah simpang lintasan kendaraan dan pejalan kaki akan berpotongan pada suatu titik konflik, konflik ini akan memperlambat pergerakan dan juga merupakan lokasi potensi untuk bertabrakan (kecelakaan). Adapun titik dan jenis pergerakan yang terjadi pada daerah simpang tiga adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2. Titik Konflik pada Persimpangan 3 Kaki

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Jumlah titik konflik pada persimpangan 3 kaki di atas adalah 9 buah titik konflik yang terdiri dari 3 titik konflik memotong, 3 titik konflik menyebar dan 3 titik konflik bergabung.

2.4.3 Komposisi Lalu Lintas

Nilai-nilai acuan untuk komposisi lalu lintas berdasarkan ukuran kota, dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel : 2.2 Komposisi Lalu Lintas

Ukuran Kota (Jutaan Penduduk)	Komposisi Lalu Lintas, %			
	Kendaraan Ringan (LV)	Kendaraan Berat (HV)	Sepeda Motor (MC)	Kend. Tidak Bermotor
> 3	60	4.5	35.5	0.01
1 - 3	55.5	3.5	41	0.05
0.5 – 1	40	3.0	57	0.14
0.1 – 0.5	63	2.5	34.5	0.05
< 0.1	63	2.5	34.5	0.05

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Berdasarkan klasifikasi yang dikeluarkan oleh Dirjen Bina Marga komposisi lalu lintas sebagai berikut :

1. Kendaraan ringan : kendaraan bermotor dengan 4 roda (meliputi : mobil penumpang, oplet, mikrobis, pick-up dan truk kecil).
2. Kendaraan berat : kendaraan bermotor lebih dari 4 roda (meliputi : bis, truk 2 as, truk 3 as dan truk kombinasi).
3. Sepeda motor : kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda (meliputi : sepeda motor dan kendaraan roda tiga).
4. Kendaraan tidak bermotor : elemen lalu lintas berupa kendaraan yang tidak mempunyai motor penggerak sendiri (meliputi : becak, sepeda, kereta kuda, dan kereta dorong).

2.5 Perhitungan Kapasitas Tundaan dan Panjang Antrian pada Simpang Tak Bersinyal

2.5.1 Lebar Pendekat dan Tipe Simpang

2.5.1.1 Lebar Rata-Rata Pendekat Jalan Minor dan Utama dan Lebar Rata-Rata Pendekat

Koreksi terhadap lebar mulut persimpangan dilakukan atas dasar perhitungan nilai yang diambil berikut :

1. Perhitungan lebar rata-rata mulut persimpangan untuk jalan utama dan minor menggunakan rumus :

$$W_{AC} = (W_A + W_C) / 2 \text{ dan } W_{BD} = (W_B + W_D) / 2 \dots\dots\dots(2.2)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2. Perhitungan rata-rata untuk persimpangan untuk keseluruhan dengan menggunakan rumus :

$$W_i = (W_A + W_C + W_B + W_D) / \text{Jumlah kaki simpang} \dots\dots\dots(2.3)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

3. Lebar rata-rata mulut persimpangan W_i (pada lengan B ada median) dengan menggunakan rumus :

$$W_i = (a/2 + b + c/2 + d/2)/4 \dots\dots\dots(2.4)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

4. Jika A hanya untuk keluar maka $a = 0$

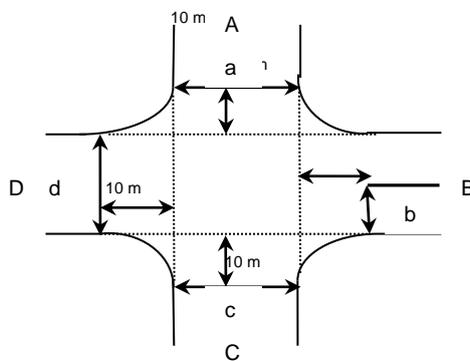
$$W_i = (b + c/2 + d/2)/3 \dots\dots\dots(2.5)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

5. Perhitungan lebar jalan masuk dengan menggunakan rumus :

$$W_{AC} = (a/2 + c/2) / 2 \text{ dan } W_{BD} = (b + d/2) / 2 \dots\dots\dots(2.6)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997



Gambar 2.3 Lebar Rata-Rata Pendekat
 Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.5.1.2 Jumlah Lajur

Jumlah lajur yang digunakan untuk keperluan perhitungan ditentukan dari lebar rata-rata pendekat jalan minor dan jalan utama sebagai berikut :

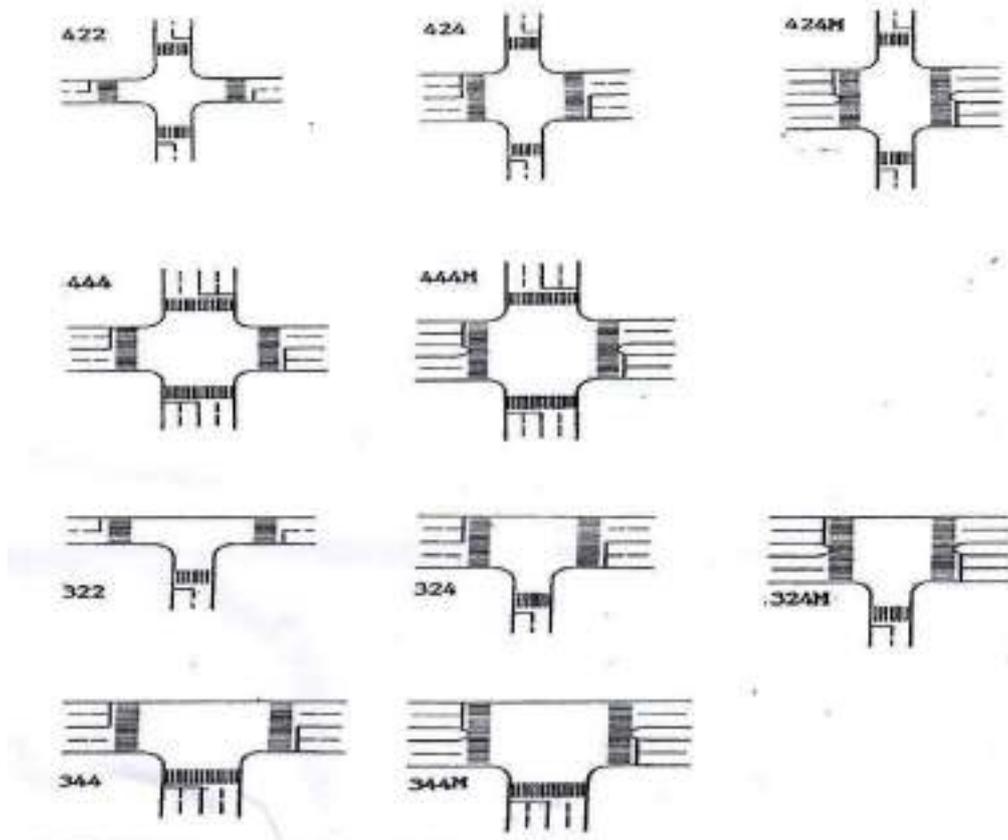
Tabel : 2.3 Jumlah Lajur dan Lebar Rata-Rata Pendekat Jalan Minor dan Utama

Lebar Rata-Rata Pendekat Jalan Minor Dan Utama WAC, WBD		Jumlah Lajur (Total untuk Dua Arah)
$W_{BD} = (b + d/2) / 2$	< 5.5	2
	≥ 5.5	4
$W_{AC} = (a/2 + c/2) / 2$	< 5.5	2
	≥ 5.5	4

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.5.1.3 Tipe Simpang

Tipe simpang menentukan jumlah lengan simpang dan jumlah lajur pada jalan utama dan jalan minor pada simpang tersebut dengan menggunakan kode tiga angka.



Gambar 2.4 Tipe Persimpangan Prioritas (Tanpa APILL)

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Tabel 2.4 Kode Tipe Persimpangan

Tipe Persimpangan	Jumlah Lengan Sim pang	Jumlah lajur Jalan Minor	Jumlah Lajur Jalan Utama
322	3	2	2
324	3	2	4
342	3	4	2
422	4	2	2
424	4	2	4

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.5.2 Perhitungan Kapasitas (C)

Kapasitas total untuk seluruh lengan simpang adalah : hasil perkalian antara kapasitas dasar (C_0) yaitu kapasitas pada kondisi tertentu (ideal) dan faktor-faktor penyesuaian dengan memperhitungkan pengaruh kondisi lapangan terhadap kapasitas. Perhitungan kapasitas menggunakan rumus :

$$C = C_0 \times F_w \times F_m \times F_{cs} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \dots\dots\dots(2.7)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- Keterangan :
- C = Kapasitas (smp/jam)
 - C_0 = Kapasitas dasar
 - F_w = Faktor penyesuaian lebar mulut persimpangan
 - F_m = Faktor penyesuaian median pada jalan utama
 - F_{RSU} = Faktor penyesuaian tipe lingkungan, hambatan samping dan kendaraan tidak bermotor
 - F_{cs} = Faktor ukuran kota
 - F_{LT} = Faktor penyesuaian kendaraan belok kiri
 - F_{RL} = Faktor penyesuaian kendaraan belok kanan
 - F_{MI} = Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor

2.5.2.1 Kapasitas Dasar C_0

Kapasitas dasar dilihat berdasarkan tabel berikut :

Tabel 2.5 Kapasitas Dasar Menurut Tipe Persimpangan

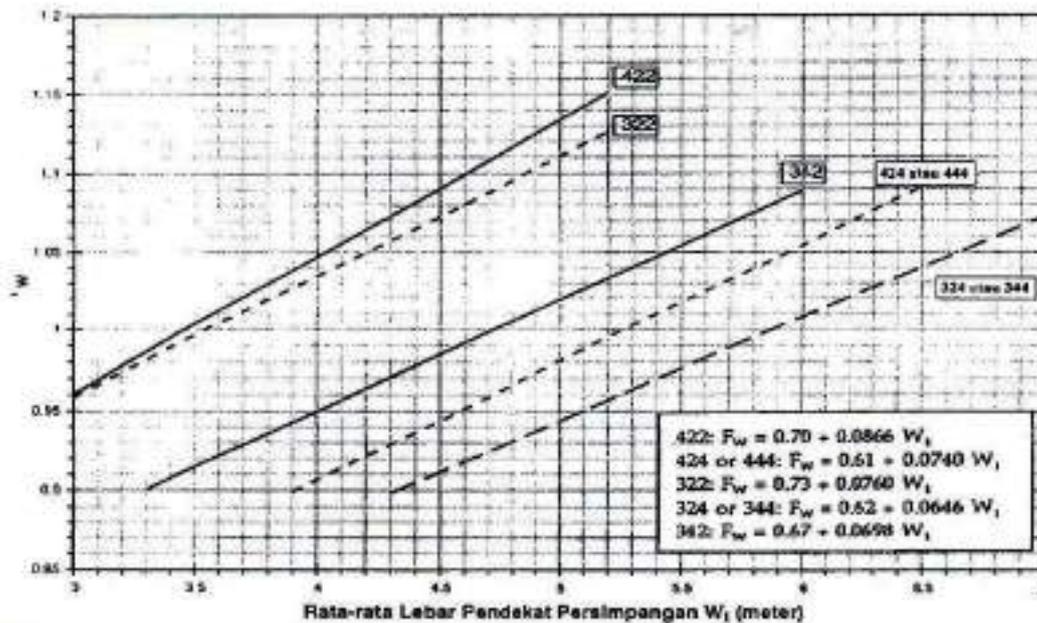
Tipe Persimpangan	Kapasitas Dasar (smp/jam)
322	2700
342	2900
324 atau 344	3200
422	2900
424 atau 444	3400

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.5.2.2 Faktor Penyesuaian

1. Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat (F_w)

Faktor penyesuaian lebar pendekat diperoleh dari grafik berikut :



Grafik : 2.1 Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat (F_w)

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2. Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama (F_M)

Pertimbangan teknik lalu lintas diperlukan untuk menentukan faktor median. Median disebut lebar jika kendaraan ringan standar dapat berlindung pada daerah median tanpa

mengganggu arus berangkat pada jalan utama. Hal ini mungkin terjadi jika lebar median 3 m atau lebih. Pada beberapa keadaan misalnya jika pendekat jalan utama lebar, hal ini terjadi jika lebar median lebih sempit.

Tabel 2.6 Faktor Penyesuaian Median pada Jalan Utama (F_m)

Tipe Median Pada Jalan Utama	Tipe M	Faktor Penyesuaian Median
Tidak ada Median	Tidak ada	1.00
Lebar < 3 m	Sempit	1.05
Lebar > 3 m	Lebar	1.20

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

3. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{cs})

Faktor penyesuaian ukuran kota diperoleh dari tabel berikut :

Tabel 2.7 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Ukuran Kota	Penduduk (juta)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{cs})
Sangat Kecil	< 0.1	0.82
Kecil	0.1 – 0.5	0.88
Sedang	0.5 – 1.0	0.94
Besar	1.0 – 3.0	1.00
Sangat Besar	> 3.0	1.05

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

4. Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tidak Bermotor (F_{RSU})

Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tidak bermotor sebagai berikut :

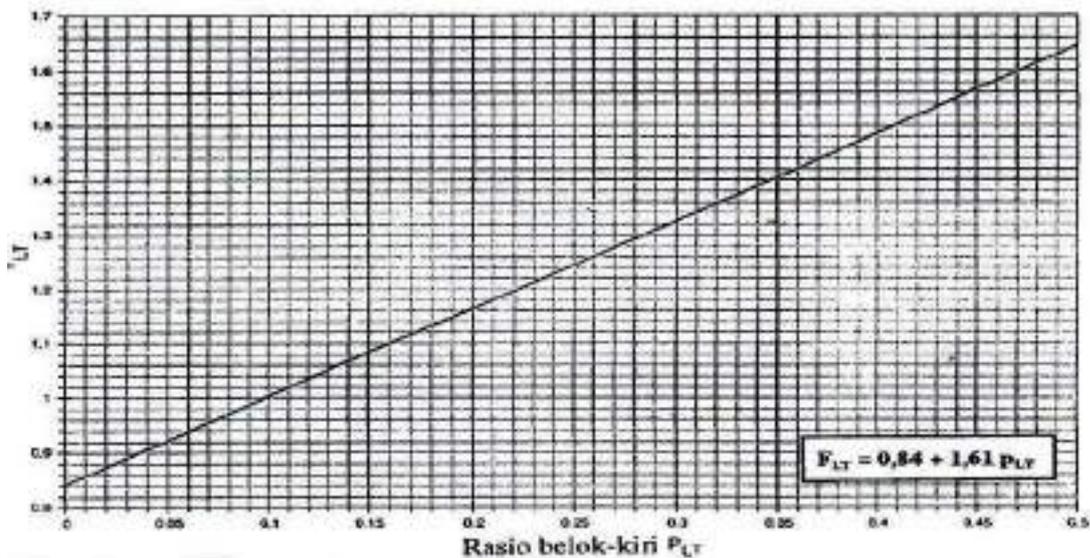
Tabel 2.8 Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tidak Bermotor (F_{RSU})

Klas Tipe Lingkungan Jalan (RE)	Hambatan Samping	Rasio Untuk Kendaraan Tidak Bermotor P_{UM}					
		0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	≥ 0.25
Komersial	Tinggi	0.93	0.88	0.84	0.79	0.74	0.70
	Sedang	0.94	0.89	0.85	0.80	0.75	0.70
	Rendah	0.95	0.90	0.86	0.81	0.76	0.71
Pemukiman	Tinggi	0.96	0.91	0.86	0.82	0.77	0.72
	Sedang	0.97	0.92	0.87	0.82	0.77	0.73
	Rendah	0.98	0.93	0.98	0.83	0.78	0.74
Akses Terbatas	Tinggi/ Sedang/ Rendah	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

5. Faktor Penyesuaian Kendaraan Belok kiri (F_{LT})

Faktor penyesuaian belok kiri berdasarkan grafik di bawah ini dengan menarik garis presentase kendaraan belok kiri ke garis kurva dan ditarik ke kiri untuk mendapatkan faktor penyesuaian.

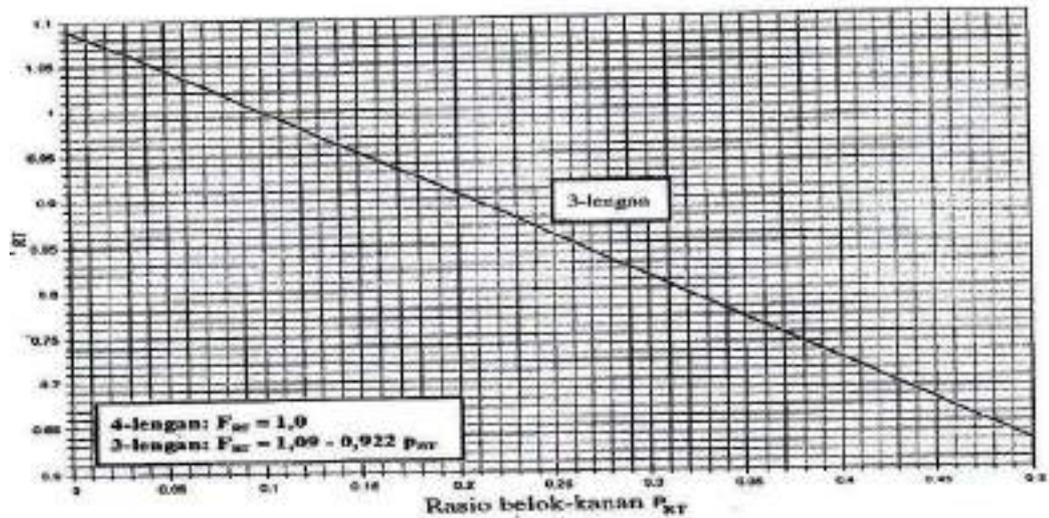


Grafik : 2.2 Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

6. Faktor Penyesuaian Kendaraan Belok Kanan (F_{RT})

Faktor penyesuaian belok kanan berdasarkan grafik di bawah ini dengan menarik garis presentase kendaraan belok kanan ke garis kurva dan ditarik ke kiri untuk mendapatkan faktor penyesuaian.

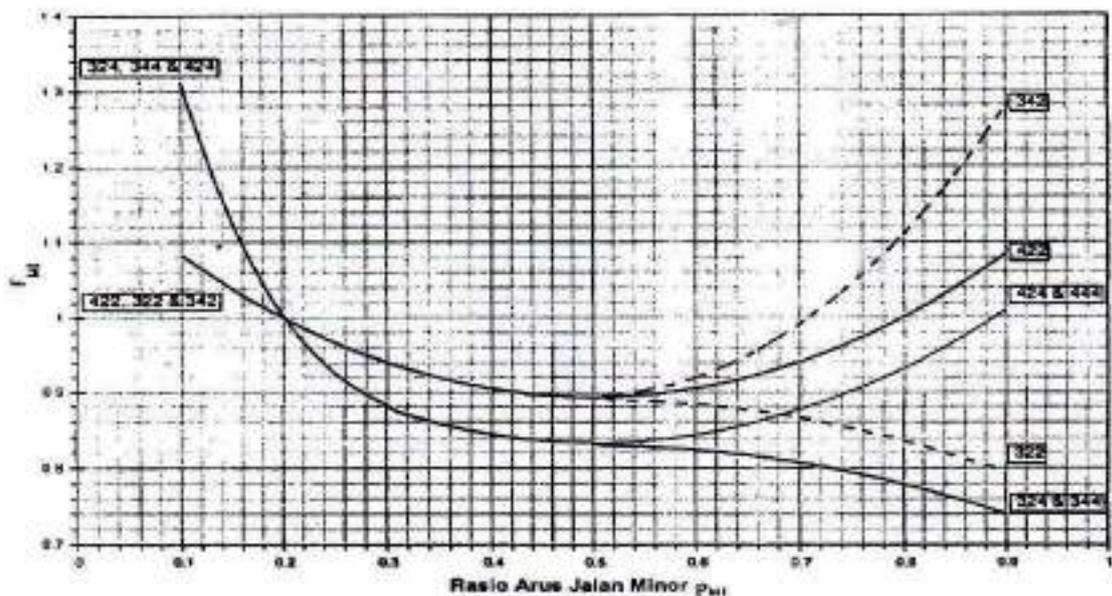


Grafik : 2.3 Faktor Penyesuaian Kendaraan Belok Kanan (F_{RT})

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

7. Faktor Penyesuaian Rasio Arus Jalan Minor (F_{MI})

Faktor penyesuaian arus jalan minor berdasarkan grafik berikut dengan menarik garis dari rasio arus jalan minor ke garis kurva dan ditarik ke kiri untuk mendapatkan faktor penyesuaian.



IT	FMI	PMI
422	$1.19 \times \text{PMI}^2 - 1.19 \times \text{PMI} + 1.19$	0.1 – 0.9
424 444	$16.6 \times \text{PMI}^4 - 33.3 \times \text{PMI}^3 + 25.3 \times \text{PMI}^2 - 8.6 \times \text{PMI} + 1.95$	0.1 – 0.3
	$1.11 \times \text{PMI}^2 - 1.11 \times \text{PMI} + 1.11$	0.3 – 0.9
322	$1.19 \times \text{PMI}^2 - 1.19 \times \text{PMI} + 1.19$	0.1 – 0.5
	$-0.595 \times \text{PMI}^2 + 0.595 \times \text{PMI}^3 + 0.74$	0.5 – 0.9
342	$1.19 \times \text{PMI}^2 - 1.19 \times \text{PMI} + 1.19$	0.1 – 0.5
	$2.38 \times \text{PMI}^2 - 2.38 \times \text{PMI} + 1.49$	0.5 – 0.9
324	$16.6 \times \text{PMI}^4 - 33.3 \times \text{PMI}^3 + 25.3 \times \text{PMI}^2 - 8.6 \times \text{PMI} + 1.95$	0.1 – 0.3
344	$1.11 \times \text{PMI}^2 - 1.11 \times \text{PMI} + 1.11$	0.3 – 0.5
	$-0.555 \times \text{PMI}^2 + 0.555 \times \text{PMI} + 0.69$	0.5 – 0.9

Grafik : 2.4 Faktor Penyesuaian Arus Jalan Minor (F_{MI})

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.5.3 Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan dihitung dengan rumus berikut :

$$\boxed{DS = Q_{TOT} / C} \dots\dots\dots(2.8)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Keterangan : Q_{TOT} = Arus total (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

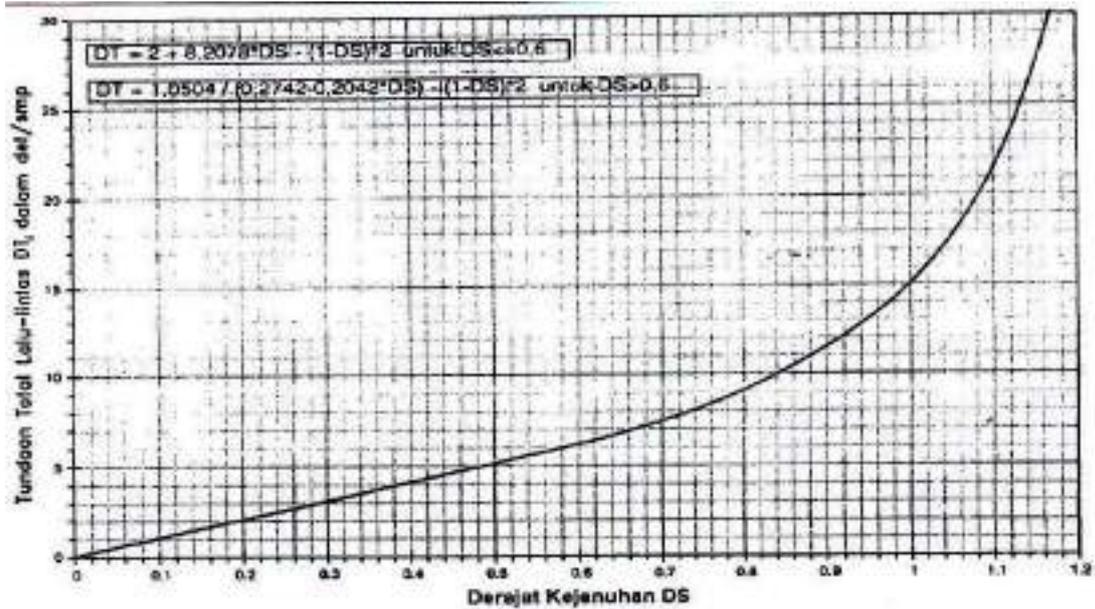
2.5.4 Tundaan (D)

Tundaan pada persimpangan terjadi karena dua sebab :

1. Tundaan lalu lintas (DT) akibat interaksi lalu lintas dengan gerakan yang lain dalam simpang.
2. Tundaan Geometrik (DG) akibat penambahan dan percepatan kendaraan yang terganggu dan tak terganggu.

2.5.4.1 Tundaan Lalu Lintas Simpang (DT_i)

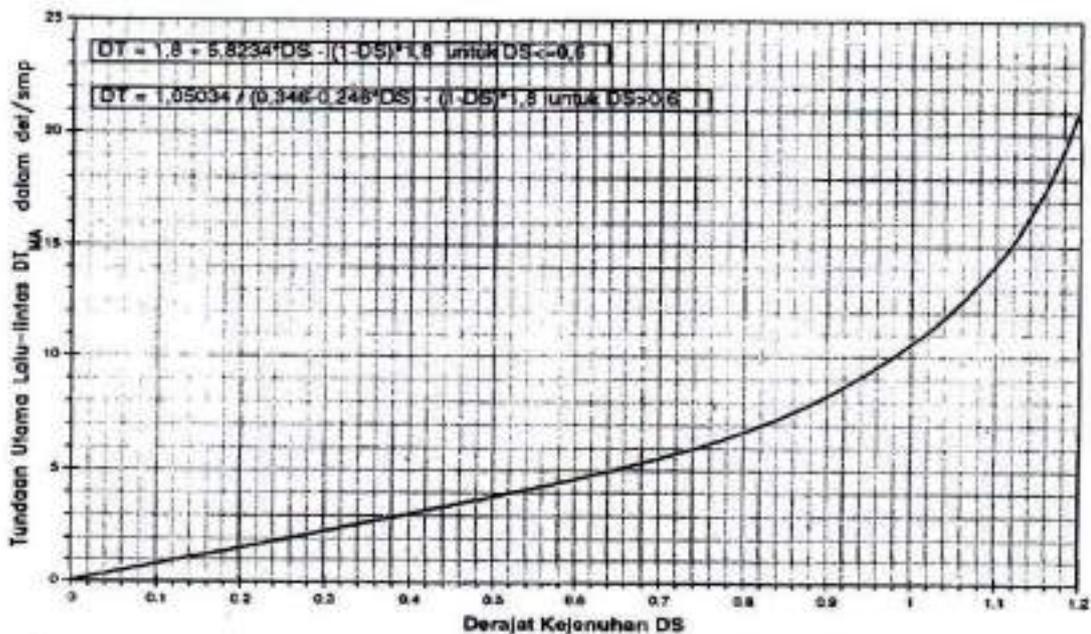
Tundaan lalu lintas simpang adalah : tundaan lalu lintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang. Variabel masukan untuk tundaan lalu lintas simpang adalah derajat kejenuhan (DS).



Grafik : 2.5 Tundaan Lalu Lintas Simpang VS Derajat Kejenuhan
 Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.5.4.2 Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama (DT_{MA})

Tundaan lalu lintas jalan utama adalah : tundaan lalu lintas rata-rata semua kendaraan bermotor yang masuk persimpangan dari jalan utama. Variabel masukan untuk tundaan lalu lintas simpang adalah derajat kejenuhan (DS).



Grafik : 2.6 Tundaan Lalu Lintas Utama VS Derajat Kejenuhan
 Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.5.4.3 Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (DT_{MI})

Tundaan lalu lintas jalan minor adalah : tundaan lalu lintas rata-rata semua kendaraan bermotor yang masuk persimpangan dari jalan minor.

Tundaan lalu lintas jalan minor rata-rata ditentukan berdasarkan tundaan simpang rata-rata dan tundaan jalan utama rata-rata.

$$DT_{MI} = (Q_{Tot} \times DT_I - Q_{MA} \times DT_{MA}) / Q_{MI} \dots\dots\dots(2.9)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- Keterangan :
- DT_{MI} = Tundaan lalu lintas jalan minor
 - Q_{TOT} = Arus total (smp/jam)
 - DT_I = Tundaan lalu lintas simpang
 - Q_{MA} = Arus jalan utama (smp/jam)
 - DT_{MA} = Tundaan lalu lintas jalan utama
 - Q_{MI} = Arus jalan minor (smp/jam)

2.5.4.4 Tundaan Geometrik Simpang (DG)

Tundaan geometrik simpang adalah : tundaan rata-rata seluruh kendaraan bermotor. Tundaan geometrik dihitung dengan rumus :

Untuk $DS < 1.00$

$$DG = (1-DS) \times (Pr \times 6 + (1-Pr) \times 3) + DS \times 4 \dots\dots\dots(2.10)$$

Untuk $DS \geq 1.00$

$$DG = 4 \dots\dots\dots(2.11)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- Keterangan :
- DG = Tundaan geometrik simpang
 - DS = Derajat kejenuhan
 - Pr = Rasio belok total

2.5.4.5 Tundaan Simpang (D)

Tundaan simpang dihitung dengan rumus :

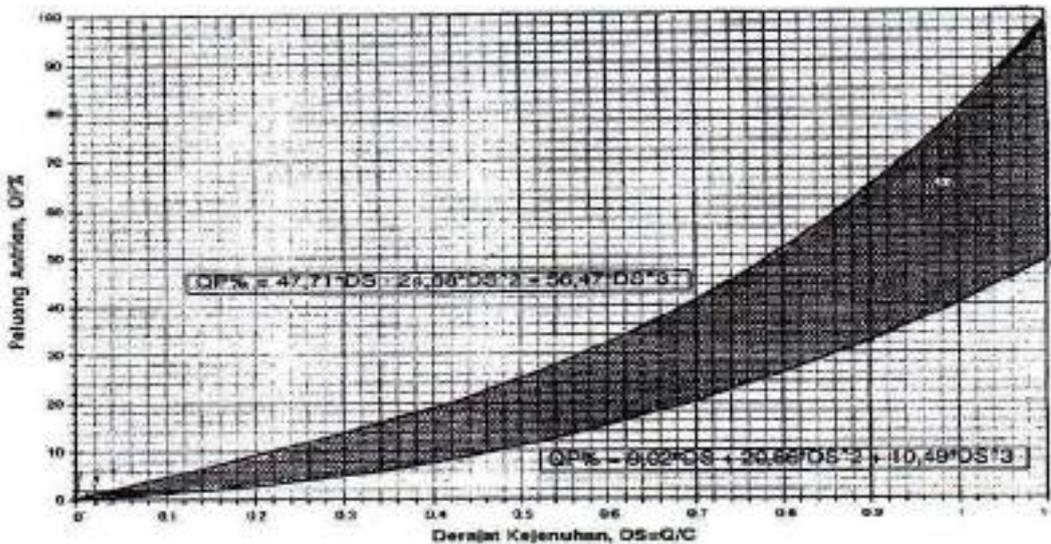
$$D = DG + DT_1 \dots\dots\dots(2.12)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Keterangan : DG = Tundaan geometrik simpang
DT₁ = Tundaan lalu lintas simpang

2.5.5 Peluang Antrian (QP)

Rentang nilai peluang antrian ditentukan dari hubungan antara peluang antrian dan derajat kejenuhan. Nilai peluang antrian dapat diambil dari grafik berikut :



Grafik : 2.7 Rentang Peluang Antrian (QP%) Terhadap Derajat Kejenuhan

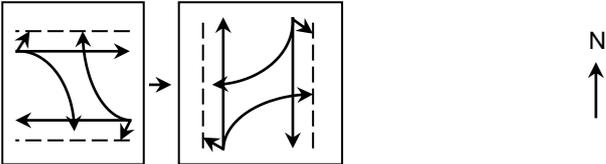
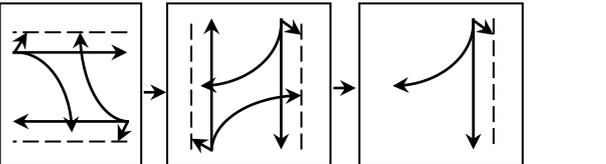
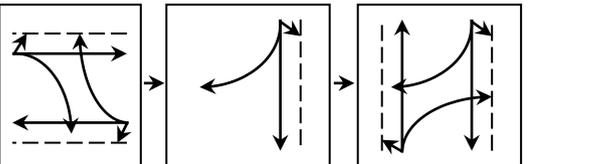
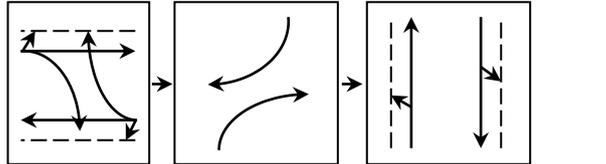
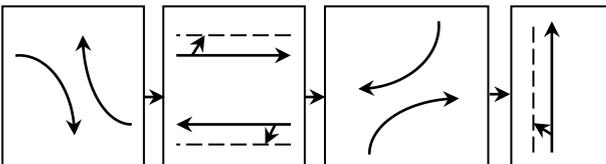
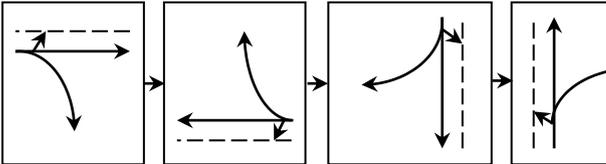
Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.6 Pengaturan Fase, Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang

2.6.1 Pengaturan Fase

Fase adalah : suatu kondisi dari APILL dalam satu waktu siklus yang memberikan hak jalan pada satu atau lebih gerakan lalu lintas tertentu.

Beberapa alternatif fase isyarat dan karakteristiknya dapat dilihat pada gambar berikut :

Kasus	Karakteristik
	<p>1 Pengaturan dua fase. Hanya konflik primer yang dipisahkan.</p>
	<p>2 Pengaturan tiga fase. Dengan pemutusan paling akhir pada pendekat utara untuk meningkatkan kapasitas kendaraan yang belok kanan dari arah ini.</p>
	<p>3 Pengaturan tiga fase Dengan start dini dari pendekat utara untuk meningkatkan kapasitas kendaraan yang belok kanan.</p>
	<p>4 Pengaturan tiga fase Dengan belok kanan terpisah pada salah satu jalan.</p>
	<p>5 Pengaturan empat fase Dengan arus berangkat dari satu per-satu pendekat pada saatnya masing-masing.</p>
	<p>6 Pengaturan empat fase Dengan arus berangkat dari satu per-satu pendekat pada saatnya masing-masing.</p>

Gambar 2.5 Pengaturan Fase Sinyal

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Bila jumlah dan jenis fase APILL tidak diketahui, nilai acuan yang digunakan adalah 2 fase. Pengaturan secara terpisah untuk gerakan belok kanan dipertimbangkan bila gerakan belok kanan melebihi 200 smp/jam.

2.6.2 Waktu Antara Hijau dan Waktu Hilang

Waktu antar hijau adalah : periode kuning ditambah merah semua antara dua fase sinyal yang berurutan.

Waktu hilang adalah : jumlah antara semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap (det), waktu hilang dapat juga diperoleh dari beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau dalam semua fase yang berurutan.

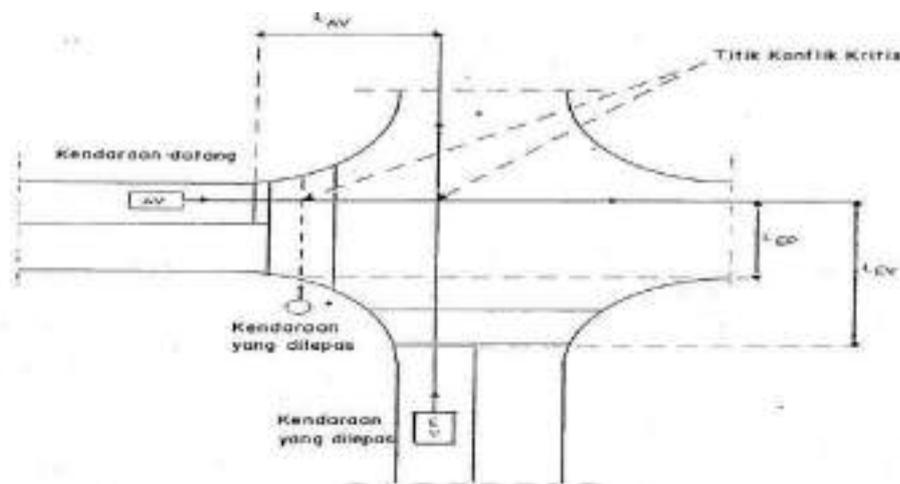
Waktu antar hijau sebaiknya ditentukan dengan menggunakan perhitungan rumus. Untuk keperluan perencanaan dan simpang simetris, nilai acuan berikut dapat digunakan :

Tabel : 2.9 Waktu Hijau Antara

Ukuran Persimpangan	Lebar Jalan Rata-Rata (m)	Nilai Normal Waktu Hijau Antara
Kecil	6-9	4 det./fase
Menengah	10-14	5 det./fase
Besar	≥ 15	6 det./fase

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Waktu antar hijau yang diperlukan untuk pengosongan pada akhir setiap fase harus dapat memberi kesempatan pada kendaraan terakhir dari fase lain melewati garis henti pada awal sinyal hijau. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.6 Titik Konflik Kritis dan Jarak untuk Keberangkatan dan Kedatangan

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Titik konflik kritis pada masing-masing fase (I) adalah titik yang menghasilkan waktu merah semua terbesar :

$$\text{Merah Semua} = [(L_{EV} + l_{EV}) / V_{EV} - L_{AV} / V_{AV}]_{\text{Maks}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

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

l_{EV} = Panjang kendaraan yang berangkat (m)

V_{EV}, V_{AV} = Kecepatan dari kendaraan yang dilepas dan kendaraan yang datang (v)

Gambar di atas menggambarkan suatu kasus dengan titik konflik kritis diidentifikasi baik untuk kendaraan menyeberang maupun pejalan kaki yang menyeberang.

Nilai yang dipilih untuk V_{EV}, V_{AV} dan l , tergantung pada komposisi lalu lintas dan kondisi kecepatan pada lokasi. Nilai sementara berikut dapat diambil dalam kondisi belum adanya peraturan di Indonesia.

Kecepatan kendaraan yang datang $V_{AV} = 10$ m/det (kendaraan bermotor).

Kecepatan kendaraan yang berangkat $V_{EV} = 10$ m/det (kendaraan bermotor).
 3 m/det (kendaraan tidak bermotor).
 1,2 m/det (pejalan kaki).

Panjang kendaraan yang berangkat $l_{EV} = 5$ m (LV atau HV).
 2 m (MC atau UM).

Periode semua merah diantara masing-masing fase harus sama atau lebih besar dari waktu antar hijau. Jika waktu merah semua untuk setiap perubahan fase telah ditentukan, total waktu hilang (LTI) untuk persimpangan adalah merupakan jumlah perioda waktu hijau antara.

$$\text{LTI} = \sum(\text{Merah semua} + \text{Kuning}) = \sum I G_i \dots\dots\dots(2.14)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Panjang waktu kuning untuk APILL di Indonesia umumnya 3,0 detik.

2.7 Penentuan Waktu Sinyal

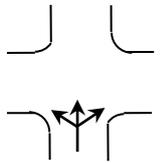
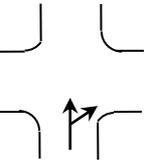
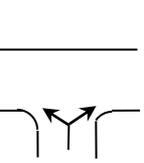
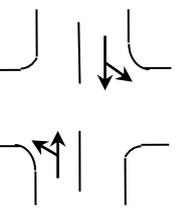
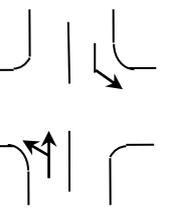
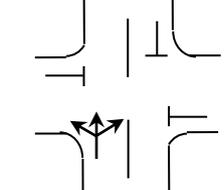
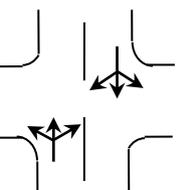
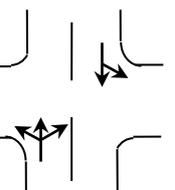
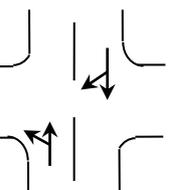
Waktu siklus adalah : serangkaian tahap-tahap dimana semua pergerakan lalu lintas dilakukan, atau merupakan penjumlahan waktu dari seluruh tahapan.

Waktu Hijau adalah : waktu nyala hijau dalam suatu pendekat.

2.7.1 Tipe Pendekat

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

Berikut ini adalah tipe dari setiap pendekat baik dilindungi (P) maupun berlawanan (O).

Tipe Pendekat	Keterangan	Contoh Pola-Pola Pendekat		
Terlindung (P)	Arus berangkat tanpa konflik dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan.	Jalan satu arah.	Jalan satu arah.	Persimpangan T
				
		Jalan dua arah gerakan belok kanan terbatas.		
				
Jalan dua arah dengan pengaturan fase sinyal terpisah untuk masing-masing arah.				
Terlawan (O)	Dilepas dengan konflik dengan arus yang berlawanan arah.	Jalan dua arah, arus dilepas bersamaan dengan lalu lintas dari arah depan, semua lalu lintas belok kanan tidak dibatasi.		
				

Gambar 2.7 Penentuan Tipe Pendekat

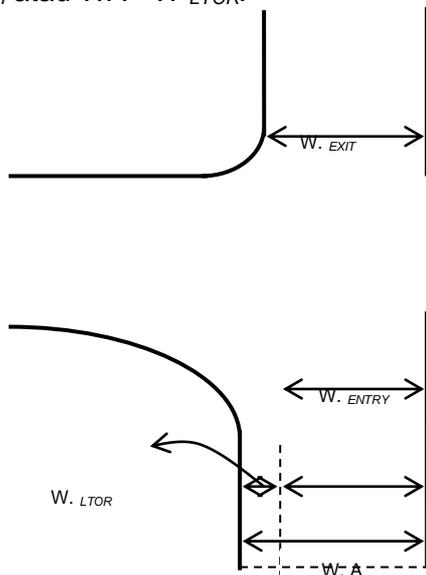
Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.7.2 Lebar Pendekat Efektif (W_e)

Lebar efektif mulut persimpangan adalah : lebar bagian perkerasan dari mulut persimpangan yang diukur pada bagian hulu dari leher botol (*bottleneck*).

2.7.2.1 Untuk Semua Tipe Pendekat (P dan O)

Jika belok kiri boleh langsung dan tidak mengganggu lalu lintas lain pada pendekat (yaitu, kendaraan belok kiri boleh langsung dapat melintasi antrian kendaraan yang lurus dan belok kanan pada pendekat selama isyarat merah, dimana pada umumnya diasumsikan bila $W_{L TOR} > 2$ m), lebar efektif ditentukan berdasarkan nilai terkecil di antara W_{ENTRY} atau $W_A - W_{L TOR}$.



- $W_{L TOR} \geq 2$ m : Dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan $L TOR$ dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan dalam pendekat selama sinyal merah.
 $W_e = \text{Min} \{ W_{ENTRY} \text{ atau } W_A - W_{L TOR} \}$
 Pergerakan belok kiri boleh langsung tidak diperhitungkan.
- $W_{L TOR} < 2$ m : Dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan $L TOR$ tidak mendahului antrian kendaraan lainnya dalam pendekat selama sinyal merah.
 $W_e = \text{Min} \{ W_A \text{ atau } W_{ENTRY} + W_{L TOR} \}$
 Pergerakan belok kiri diperhitungkan dalam perhitungan selanjutnya.

Gambar 2.8 Pendekat Tanpa Pulau Lalu lintas

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- Keterangan :
- W_e = Lebar pendekat efektif (m)
 - $W_{L TOR}$ = Lebar dari bagian perkerasan belok kiri boleh langsung (m)
 - W_{Entry} = Lebar dari bagian perkerasan dari mulut persimpangan yang diukur pada bagian hulu dari leher botol (*bottleneck*), yang diukur pada garis henti (m)
 - W_{Exit} = Lebar bagian perkerasan pada pendekat yang digunakan untuk lalu lintas yang dilepas setelah melintasi persimpangan (m)
 - W_A = Lebar dari bagian perkerasan pada pendekat yang diukur pada bagian hulu dari leher botol (*bottleneck*) (m)

2.7.2.2 Pengaturan Pendekat untuk Tipe P

Periksa apakah lebar mulut persimpangan cukup :

$$W_{EXIT} > W_{ENTRY} \times (1 - PRT - PLT - P_{L TOR}).$$

Bila kondisi ini terjadi maka lebar efektif (W_e) dihitung seperti diatas, bila kondisi tidak sesuai, maka W_e ditetapkan sama dengan W_{EXIT} , dan analisis selanjutnya dilakukan untuk lalu lintas yang menerus.

2.7.3 Arus Jenuh Dasar (S_o)

Arus jenuh dasar adalah : besarnya keberangkatan antrian pada pendekat selama kondisi ideal (smp/jam hijau).

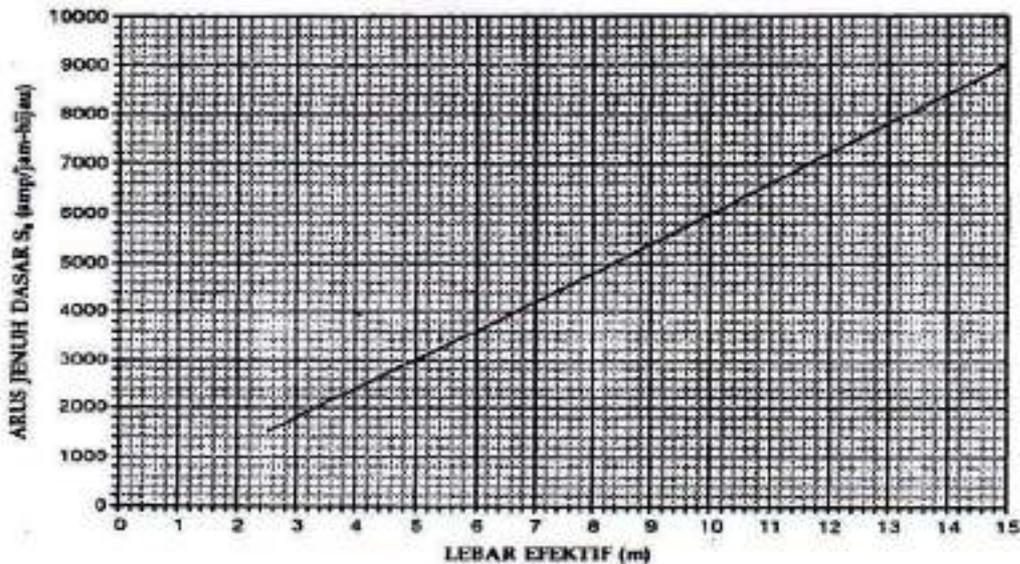
Penentuan arus jenuh dasar (S_o) untuk setiap pendekat menggunakan rumus :

a. Untuk Pendekat Tipe P (Arus Terlindungi)

$$S_o = 600 \times W_e \text{ smp/jam hijau} \dots\dots\dots(2.15)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Keterangan : W_e = Lebar kaki persimpangan yang digunakan untuk mengalirkan arus (M), sebagaimana ditunjukkan dalam grafik berikut :

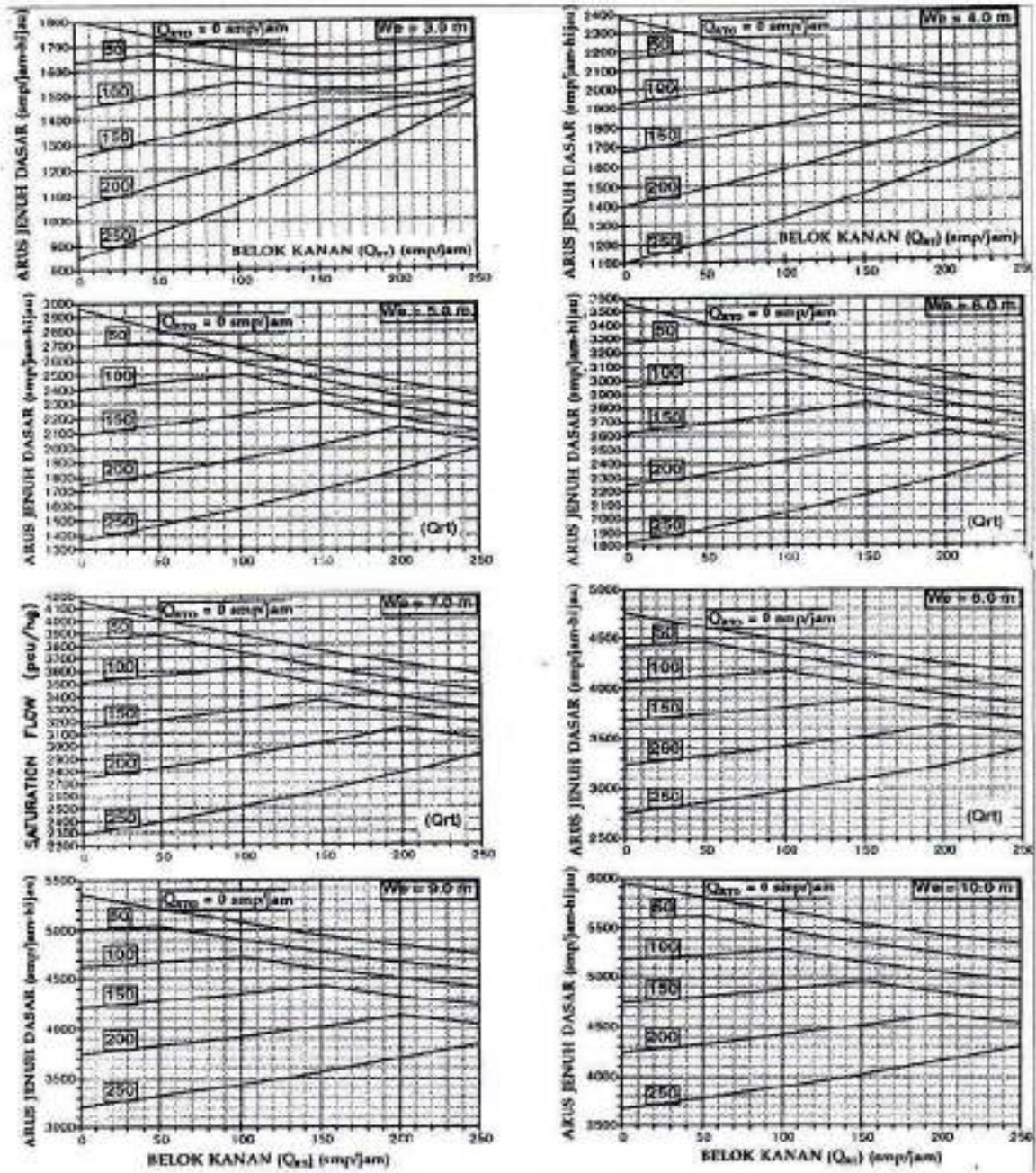


Garfik 2.8 Arus Jenuh Dasar untuk Pendekat Tipe P

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

b. Untuk Pendekat Tipe O (Arus Berangkat Berlawanan)

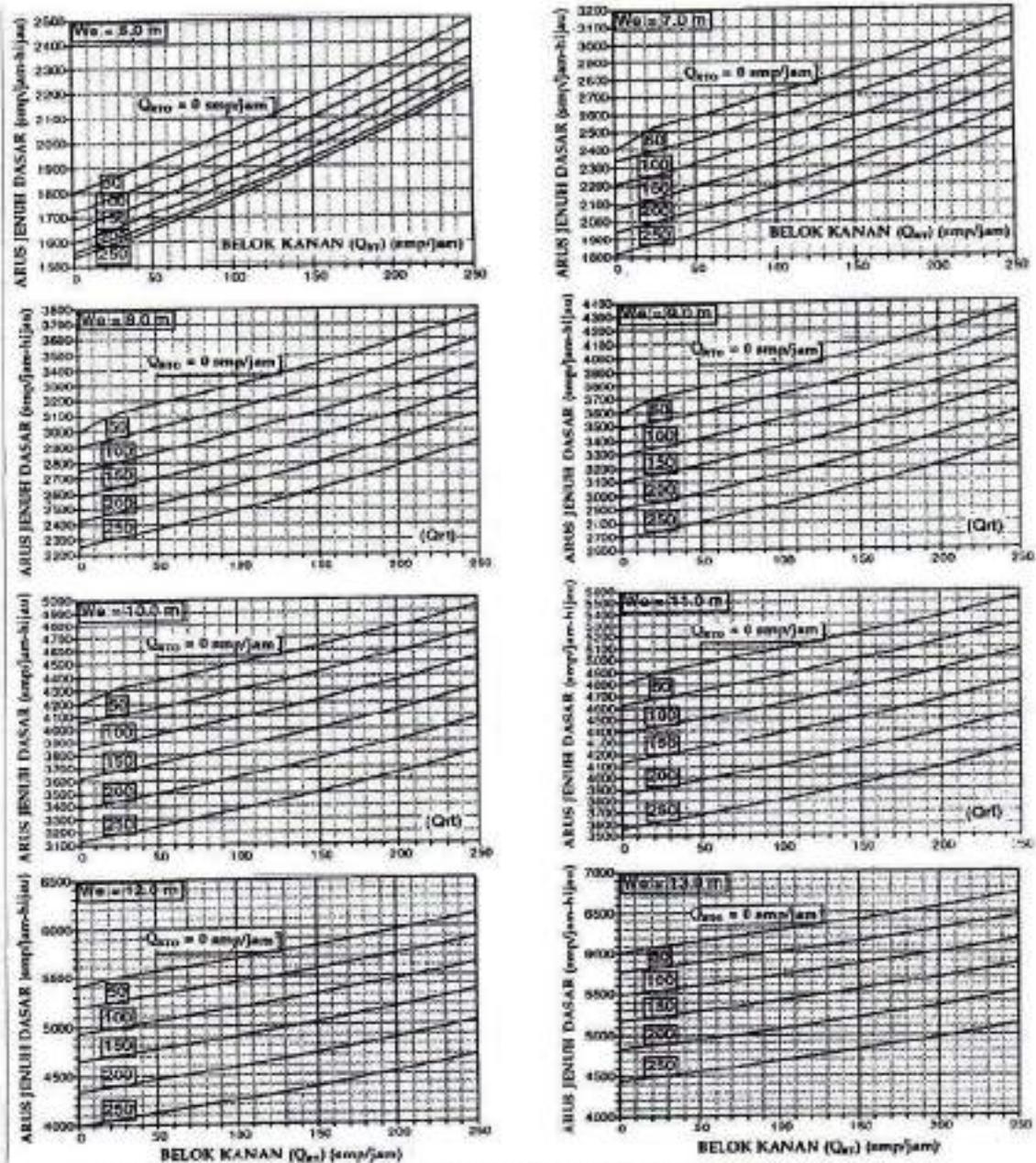
Besar arus jenuh untuk arus yang dilepas bersamaan dengan arus yang berlawanan yang arus belok kanannya tidak dipisahkan harus dihitung dalam grafik 2.9, sedang untuk arus jenuh yang lalu lintas belok kanannya dipisahkan diberikan pada grafik 2.10.



Gambar 2.9 S. untuk pendekat-pendekat tipe 0 tanpa lajur belok kanan terpisah

Grafik 2.9 Arus Jenuh untuk yang di Lepas Bersama dengan Arus yang Berlawanan Tanpa Lajur Khusus Belok Kanan

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997



Gambar untuk pendekatan-pendekat tipe 0 dengan lajur belok kanan terpisah

Grifik 2.10 Arus Jenuh untuk Lalu Lintas yang di Lepas Bersama dengan Arus yang Berlawanan dengan Lajur Khusus Belok Kanan
 Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.7.4 Faktor Penyesuaian

2.7.4.1 Faktor Penyesuaian Nilai Arus Jenuh Dasar pada Pendekat Jenis P dan O

1. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})

Ukuran kota adalah jumlah penduduk dalam suatu daerah perkotaan.

Tabel : 2.10 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})

Penduduk Kota (Juta Jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})
> 3.0	1.05
1.0 – 3.0	1.00
0.5 – 1.0	0.94
0.1 – 0.5	0.83
< 0.1	0.82

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2. Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{SF})

Hambatan samping adalah : interaksi antara arus lalu lintas dan kegiatan di samping jalan yang menyebabkan pengurangan terhadap arus jenuh di dalam pendekat. Faktor penyesuaian hambatan samping (F_{SF}), ditentukan dari tabel di bawah ini sebagai fungsi dari jenis lingkungan jalan. Jika hambatan samping tidak diketahui dapat diasumsikan sebagai hambatan tinggi supaya tidak menghasilkan kapasitas yang terlalu besar.

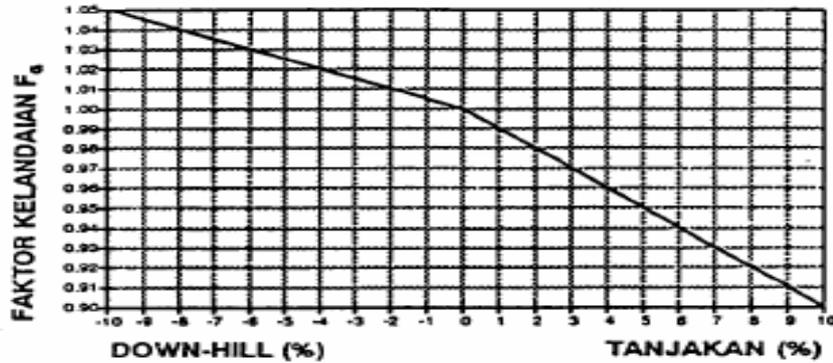
Tabel : 2.11 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	≥ 0.25
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0.93	0.88	0.84	0.79	0.74	0.70
		Terlindung	0.93	0.91	0.88	0.89	0.85	0.81
	Sedang	Terlawan	0.91	0.89	0.85	0.80	0.75	0.71
		Terlindung	0.91	0.92	0.89	0.88	0.86	0.82
	Rendah	Terlawan	0.95	0.90	0.86	0.81	0.76	0.72
		Terlindung	0.95	0.93	0.90	0.89	0.87	0.83
Pemukiman (RES)	Tinggi	Terlawan	0.96	0.91	0.86	0.81	0.78	0.72
		Terlindung	0.96	0.94	0.92	0.89	0.86	0.84
	Sedang	Terlawan	0.97	0.92	0.87	0.82	0.79	0.73
		Terlindung	0.97	0.95	0.93	0.90	0.87	0.85
	Rendah	Terlawan	0.98	0.93	0.88	0.83	0.80	0.74
		Terlindung	0.98	0.96	0.94	0.91	0.88	0.86
Akses Terbatas (RA)	Tinggi/Sedang /Rendah	Terlawan	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75
		Terlindung	1.00	0.98	0.95	0.93	0.90	0.88

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

3. Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G)

Kelandaian jalan adalah : kemiringan dari suatu segmen jalan dalam arah perjalanan. Faktor kelandaian (F_G) ditentukan berdasarkan grafik berikut :



Grafik 2.11 Faktor Penyesuaian Kelandaian Jalan

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

4. Faktor Penyesuaian Parkir (F_P)

Faktor penyesuaian parkir (F_P), ditentukan dari rumus berikut, :

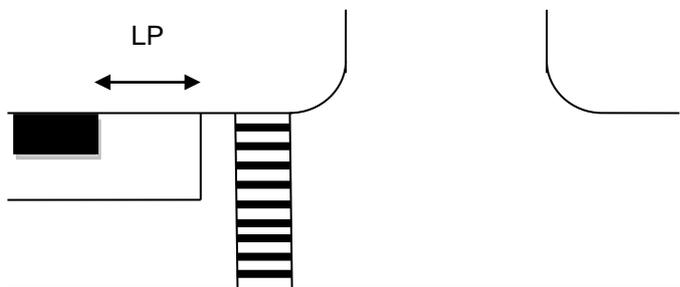
$$F_P = \{L_P/3 - (W_A - 2) \times ((L_P/3 - g) / W_A)\} / g \quad (2.16)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Keterangan : L_P = Jarak terdekat antara garis henti ke kendaraan yang parkir pertama (m), jika tidak terdapat arel parkir pada daerah sekitar persimpangan maka faktor penyesuaian parkir adalah 1.00

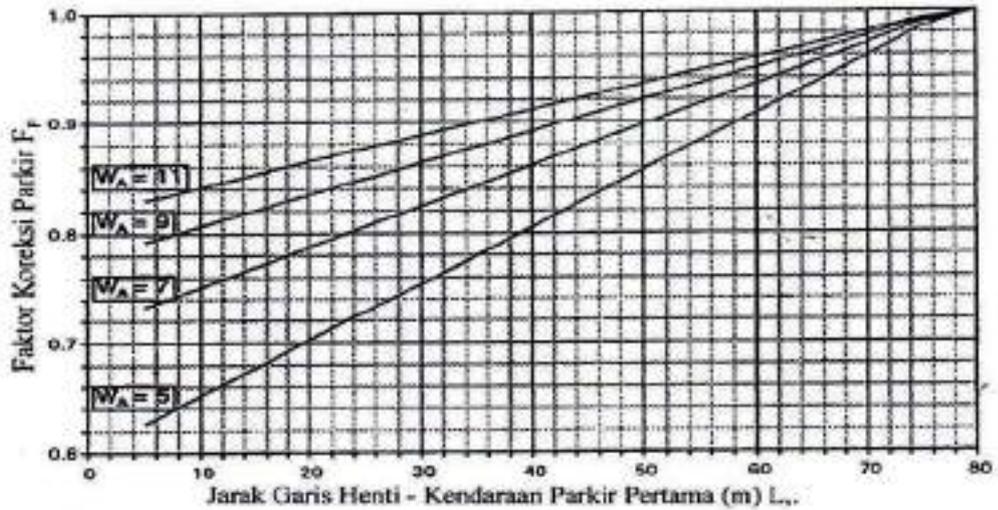
W_A = Lebar pendekat (m)

g = Waktu hijau pada pendekat (det)



Gambar 2.9 Jarak Garis Henti dengan Kendaraan Parkir Pertama

Sumber : Pedoman Teknis Pengaturan Lalu Lintas di-Persimpangan Berdiri Sendiri dengan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas, Departemen Perhubungan, Direktur Jenderal Perhubungan Darat. 1996



Grafik 2.12 Faktor Penyesuaian untuk Pengaruh Parkir dan Lajur Belok Kiri Pendek (F_p)
 Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.7.4.2 Faktor Penyesuaian untuk Nilai Arus Jenuh Dasar khusus untuk Pendekat Tipe P

1. Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{RT})

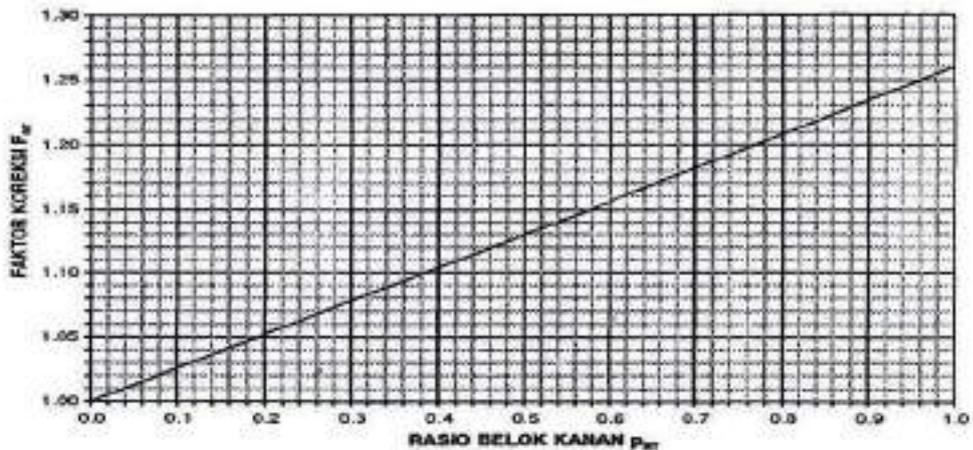
Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}), ditentukan berdasarkan rasio kendaraan belok kanan (P_{RT}). Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus berikut

$$F_{RT} = 1.0 + P_{RT} \times 0.26 \quad \dots\dots\dots(2.17)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Keterangan : F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan

P_{RT} = Rasio arus lalu lintas belok kanan



Grafik 2.13 Faktor Penyesuaian untuk Pengaruh Belok Kanan (F_{RT})
 Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2. Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})

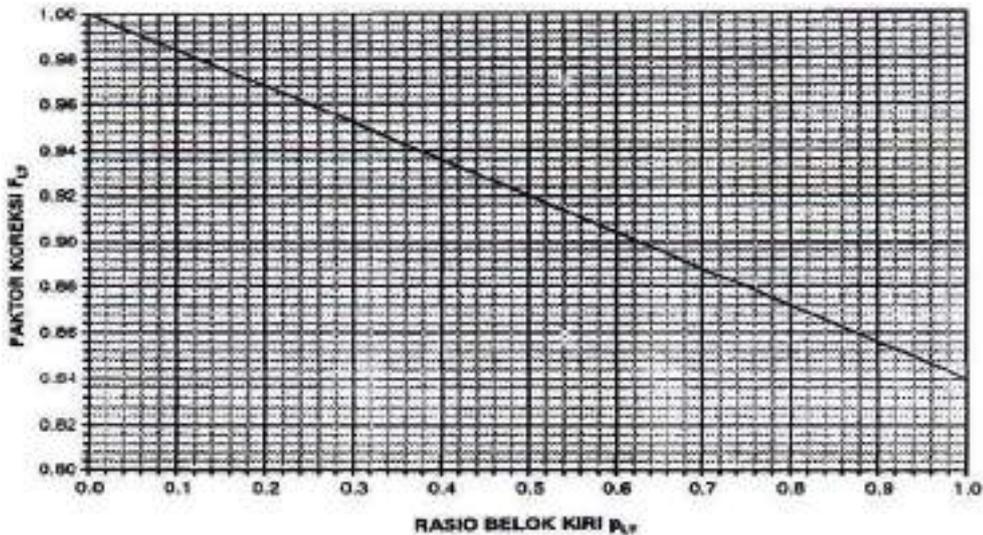
Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}), ditentukan berdasarkan rasio kendaraan belok kiri (P_{LT}). Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus berikut :

$$F_{LT} = 1.0 - P_{LT} \times 0.16 \quad \dots\dots\dots(2.18)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Keterangan : F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri

P_{LT} = Rasio arus lalu lintas belok kiri



Grafik 2.14 Faktor Penyesuaian untuk Pengaruh Belok Kiri (F_{LT})

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.7.5 Arus Jenuh yang telah di-Sesuaikan

Arus jenuh adalah : besarnya keberangkatan antrian dalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan. Nilai arus jenuh yang telah disesuaikan dihitung dengan rumus berikut :

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \text{ (smp/jam hijau)} \quad \dots\dots\dots(2.19)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Keterangan : S = Arus jenuh (smp/jam hijau)

S_o = Arus jenuh dasar (smp/jam hijau)

F_{CS} = Faktor ukuran kota

F_{SF} = Faktor hambatan samping

F_G = Faktor kelandaian

- F_P = Faktor penyesuaian parkir
- F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan
- F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri

2.7.6 Rasio Arus/Rasio Arus Jenuh

2.7.6.1 Rasio Arus (FR)

Rasio arus adalah : perbandingan antara arus lalu lintas yang ada terhadap arus jenuh dari suatu pendekatan. Perhitungan rasio arus untuk setiap pendekatan dengan rumus sebagai berikut :

$$\boxed{FR = Q/S} \dots\dots\dots(2.20)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- Keterangan : FR = Rasio arus
- Q = Arus lalu lintas (smp/jam)
 - S = Arus jenuh (smp/jam hijau)

2.7.6.2 Rasio Arus Simpang (IFR)

Rasio arus simpang adalah : jumlah dari rasio arus kritis (tertinggi) untuk semua fase sinyal yang berurutan dalam suatu siklus. Perhitungan rasio arus simpang sebagai berikut :

$$\boxed{IFR = \Sigma (FR_{crit})} \dots\dots\dots(2.21)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- Keterangan : IFR = Rasio arus simpangan
- FR_{crit} = Nilai tertinggi dari rasio arus pada masing-masing fase

2.7.6.3 Rasio Fase (PR)

Rasio fase adalah : perbandingan arus kritis dengan arus simpang. Perhitungan rasio fase dapat menggunakan rumus :

$$\boxed{PR = FR_{crit} / IFR} \dots\dots\dots(2.22)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- Keterangan : PR = Rasio fase
 IFR = Rasio arus simpang
 FR_{crit} = Nilai tertinggi dari rasio arus simpang

2.7.7 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

2.7.7.1 Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian (C_{ua})

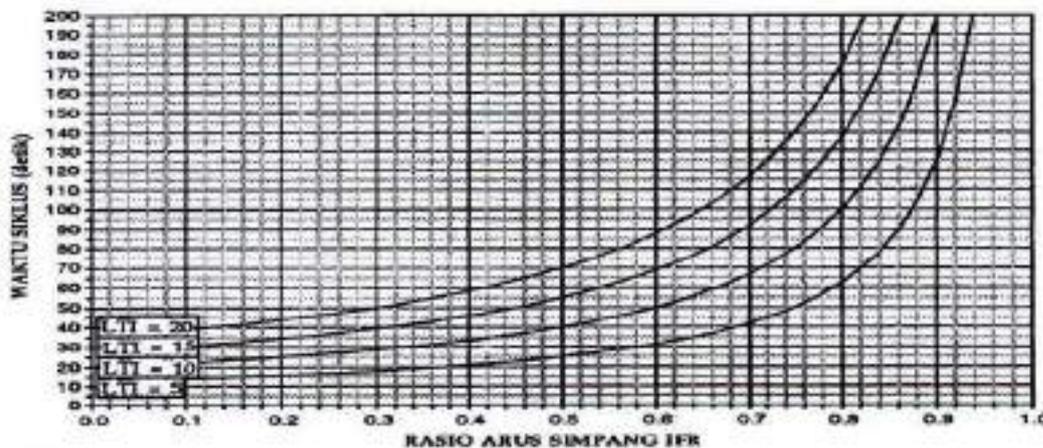
Waktu siklus sebelum penyesuaian (C_{ua}) untuk pengaturan waktu tetap dapat dihitung dengan rumus :

$$\boxed{C_{ua} = (1.5 \times L_{TI} + 5) / (1 - IFR)} \dots\dots\dots(2.23)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- Keterangan : C_{ua} = Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)
 L_{TI} = Total waktu hilang per-siklus (det)
 IFR = Rasio arus simpang $\sum (FR_{crit})$

Waktu siklus sebelum penyesuaian juga dapat dilihat pada grafik di bawah ini :



Grafik 2.15 Penentuan Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Sesuaikan waktu siklus yang telah dihitung dengan nilai batas yang direkomendasikan di bawah ini :

Tabel 2.12 Penentuan Waktu Siklus yang di Sarankan

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

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Nilai-nilai yang lebih rendah dipakai untuk simpang dengan lebar jalan < 10 m, nilai yang lebih tinggi untuk jalan yang > dari 10 m. Waktu siklus yang lebih rendah dari nilai yang disarankan akan menyebabkan kesulitan bagi 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 seluruhnya.

Jika perhitungan menghasilkan waktu siklus yang jauh lebih tinggi dari pada batas yang disarankan, maka hal ini menandakan bahwa kapasitas dari daerah simpang tersebut adalah tidak mencukupi.

2.7.7.2 Waktu Hijau (g)

Untuk perhitungan waktu hijau pada masing-masing fase menggunakan rumus :

$$g_i = (c_{ua} - LTI) \times PR_i \dots\dots\dots(2.24)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- Keterangan : g_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)
- C_{ua} = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)
- LTI = Total waktu hilang per-siklus (det)
- PR_i = Rasio fase $FR_{crit} / \Sigma(FR_{crit})$ (det)

Waktu hijau yang lebih pendek dari 10 detik harus dihindari, karena akan mengakibatkan pelanggaran lampu merah dan kesulitan bagi pejalan kaki untuk menyeberangi jalan.

2.7.7.3 Waktu Siklus yang di-Sesuaikan

Untuk perhitungan waktu siklus yang telah disesuaikan menggunakan rumus :

$$c = \sum g + LTI \dots\dots\dots(2.25)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- Keterangan : c = Waktu siklus yang telah disesuaikan (det)
LTI = Total waktu hilang per-siklus (det)
g = Waktu hijau (det)

2.8 Kapasitas dan Peningkatannya

2.8.1 Kapasitas (C)

Kapasitas adalah : arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan pada suatu bagian jalan pada kondisi tertentu.

Kapasitas (C) dari setiap pendekatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$C = S \times g/c \dots\dots\dots(2.26)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- Keterangan : C = Kapasitas (smp/jam)
S = Arus jenuh (smp/jam hijau)
g = Waktu hijau (det)
c = Waktu siklus (det)

2.8.2 Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan adalah : perbandingan arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekatan. Derajat kejenuhan dari setiap pendekatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$DS = Q/ C \dots\dots\dots(2.27)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- Keterangan : DS = Derajat kejenuhan
Q = Arus lalu lintas (smp/jam)
C = Kapasitas (smp/jam)

2.8.3 Peningkatannya

Jika derajat kejenuhan (DS) lebih besar dari 0.80, persimpangan dalam kondisi terlalu jenuh sehingga menimbulkan antrian yang terakumulasi selama jam-jam sibuk. Kemungkinan untuk meningkatkan kapasitas persimpangan dapat dipertimbangkan dari beberapa alternatif berikut. Setiap alternatif peningkatan yang diambil harus dievaluasi kembali, bila ternyata DS-nya masih mendekati atau lebih besar dari 0.80, perlu diambil alternatif lain.

2.8.3.1 Peningkatan Lebar Pendekat

Jika persimpangan dalam kondisi terlalu jenuh maka pelebaran pendekat, akan berpengaruh baik pada tingkat pelayanan simpang.

2.8.3.2 Perubahan Fase Sinyal

Jika persimpangan dengan arus berangkat berlawanan (tipe O) dan rasio belok kanan (P_{RT}) tinggi, kemungkinan yang sesuai adalah skema pengaturan fase alternatif dengan memisahkan fase belok kanan. Penerapan fase yang terpisah untuk lalu lintas belok kanan mungkin dapat disertai dengan pelebaran pendekat. Jika persimpangan dioperasikan dalam 4 fase dengan arus berangkat terpisah dari masing-masing pendekat, karena rencana fase mungkin bila dengan hanya 2 fase dapat memberikan kapasitas yang lebih besar, bila gerakan belok kanan tidak terlalu tinggi (< 200 smp/jam).

2.8.3.3 Larangan Belok Kanan

Larangan satu gerakan belok kanan atau lebih akan meningkatkan kapasitas, terutama jika hal itu menyebabkan pengurangan jumlah fase yang diperlukan. Walaupun demikian perencanaan manajemen lalu lintas yang tepat, perlu untuk memastikan agar perjalanan alih gerakan belok kanan yang akan dilarang tersebut dapat diselesaikan tanpa jalan pengalih yang terlalu panjang dan mengganggu simpang yang berdekatan.

2.9 Perilaku Lalu Lintas

2.9.1 Panjang Antrian (QL)

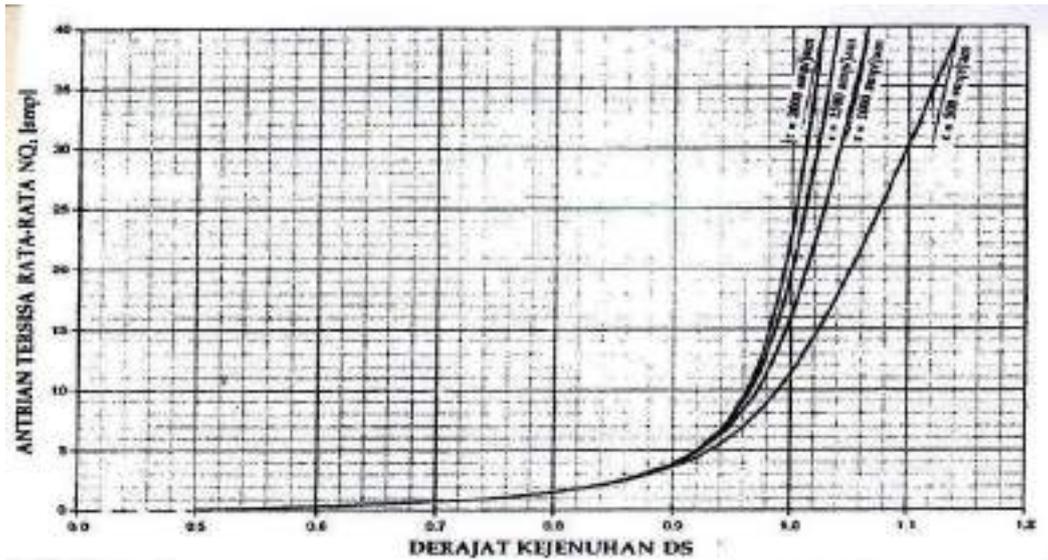
Panjang antrian adalah : panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat yang dinyatakan dalam satuan panjang (m). Perhitungan panjang antrian menggunakan nilai derajat kejenuhan, untuk menghitung kendaraan yang antri (NQ1) dan yang tertinggal dari fase sebelumnya dapat dihitung dengan rumus berikut di bawah ini, untuk $DS > 0.5$

$$NQ_1 = 0.25 \times C \times [(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + ((8 \times (DS - 0.5))/C)}]$$

.....(2.28)

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- Keterangan :
- NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (smp)
 - DS = Derajat kejenuhan
 - GR = Rasio hijau (g/c)
 - C = Kapasitas (smp/jam)



Grafik 2.16 Jumlah Kendaraan Antri (smp) yang Tinggal pada Fase Hijau Sebelumnya

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Untuk $DS \leq 0.5$, maka besarnya $NQ_1 = 0$

Kendaraan yang antri selama fase merah (NQ_2) dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$NQ_2 = c \times ((1 - GR) / (1 - GR \times DS)) \times (Q / 3600)$$

.....(2.29)

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- Keterangan :
- NQ_2 = Jumlah smp yang antri selama fase merah (smp)
 - DS = Derajat kejenuhan
 - GR = Rasio hijau (g/c)
 - c = Waktu siklus (det)
 - Q = Arus lalu lintas pada tempat masuk diluar L_{TOR} (smp/jam)

Untuk menghitung kendaraan yang antri menggunakan rumus :

$$\boxed{NQ = NQ1 + NQ2} \dots\dots\dots(2.30)$$

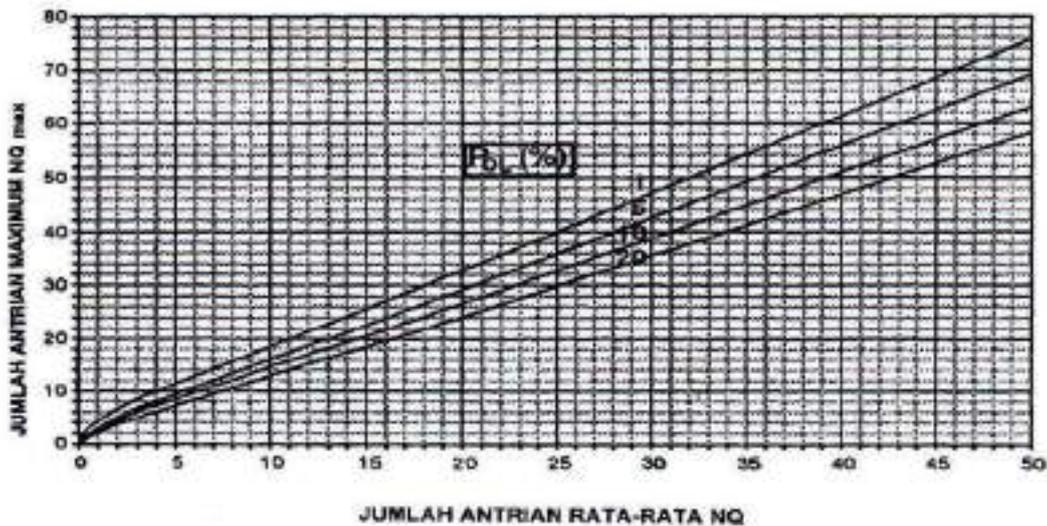
Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Keterangan : NQ = Jumlah kendaraan yang antri (smp)

NQ1 = Jumlah smp yang tertinggal pada fase sebelumnya (smp)

NQ2 = Jumlah smp yang tertinggal pada fase merah (smp)

Dengan menggunakan grafik di bawah ini, dilakukan penyesuaian terhadap NQ dalam kaitannya dengan pembebanan lebih $P_{OL}(\%)$, dan dapat diperoleh nilai NQ_{MAX} .



Grafik 2.17 Perhitungan Jumlah Antrian (NQ_{max}) dalam smp

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Hitung panjang antrian QL dengan mengalikan NQ_{max} dengan luas rata-rata yang digunakan 1 smp (20 m²) dibagi lebar jalan masuk (W_{ENTRY}).

$$\boxed{QL = NQ_{MAX} \times (20 / W_{ENTRY})} \dots\dots\dots(2.31)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Keterangan : QL = Panjang antrian (m)

NQ_{MAX} = Jumlah antrian (smp)

W_{ENTRY} = Lebar jalan masuk (m)

2.9.2 Kendaraan Terhenti (NS)

Kendaraan terhenti adalah : arus lalu lintas yang terpaksa berhenti sebelum melewati garis henti akibat pengendalian sinyal.

Untuk menghitung angka henti, masing-masing pendekat yang didefinisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per-smp dengan rumus sebagai berikut :

$$\boxed{NS = 0.9 \times (NQ / (Q \times c)) \times 3600} \dots\dots\dots(2.32)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- Keterangan : NS = Angka henti (smp/jam)
NQ = Jumlah kendaraan yang antri (smp)
Q = Arus lalu lintas pada pendekat yang bersangkutan (smp/jam)
c = Waktu siklus (det)

Jumlah kendaraan terhenti (N_{SV}) masing-masing pendekat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$\boxed{N_{sv} = Q \times NS} \dots\dots\dots(2.33)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- Keterangan : N_{SV} = Jumlah kendaraan terhenti (smp/jam)
Q = Arus lalu lintas pada pendekat yang bersangkutan (smp/jam)
NS = Angka henti dari suatu pendekat (smp/jam)

Jumlah kendaraan terhenti seluruh simpang dengan rumus :

$$\boxed{NS_{TOT} = \sum N_{sv} / Q_{TOT}} \dots\dots\dots(2.34)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- Keterangan : $\sum N_{SV}$ = Jumlah seluruh kendaraan terhenti (smp)
 Q_{Tot} = Arus lalu lintas total (smp/jam)
 NS_{Tot} = Total angka henti dari suatu pendekat (per-smp)

2.9.3 Tundaan (D)

Tundaan adalah : waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melewati suatu persimpangan berbanding terhadap situasi bila tidak terdapat persimpangan.

2.9.3.1 Tundaan Lalu Lintas (DT)

Tundaan lalu lintas adalah tundaan akibat interaksi lalu lintas dengan gerakan lain dari suatu simpang. Lamanya tundaan lalu lintas rata-rata rata-rata menggunakan rumus :

$$DT_J = c \times A + ((NQ_1 \times 3600) / C) \dots\dots\dots(2.35)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Keterangan : DT_J = Tundaan lalu lintas pada pendekat j (det/smp)

c = Waktu siklus (det)

A = $0.5 \times (1-GR)^2 / (1-GR \times DS)$

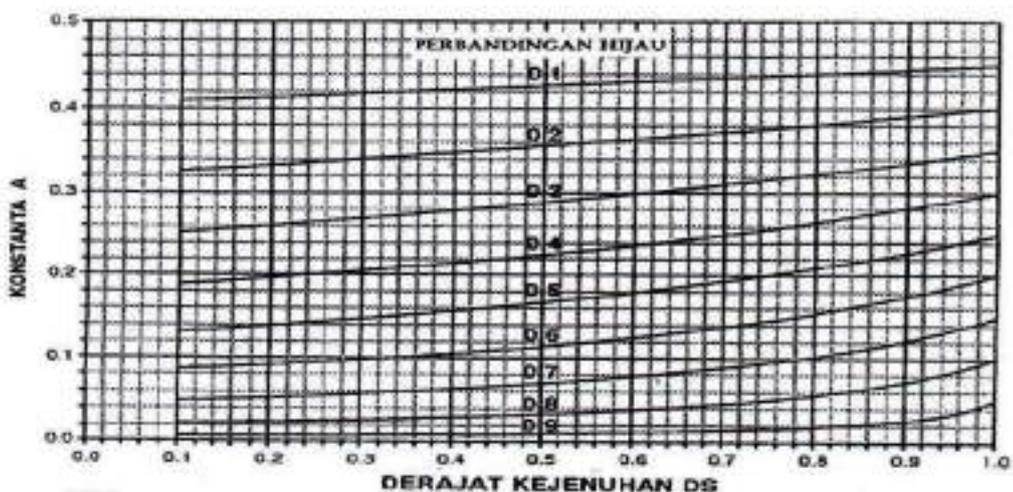
GR = Rasio hijau (g/c)

DS = Derajat kejenuhan

NQ_1 = Jumlah smp yang tertinggal pada fase sebelumnya (smp)

C = Kapasitas (smp/jam)

Untuk menghitung tundaan rata-rata selain menggunakan rumus diatas dapat juga menggunakan grafik dibawah ini



Grafik 2.18 Penetapan Tundaan Lalu Lintas Rata-Rata (DT)

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.9.3.2 Tundaan Geometrik (DG)

Tundaan geometrik adalah perlambatan kendaraan saat membelok simpang dan atau ketika terhenti oleh lampu merah. Lamanya tundaan geometrik dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$DG_J = (1 - P_{sv}) \times P_T \times 6 + (P_{sv} \times 4) \dots\dots\dots(2.36)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- Keterangan : DG_J = Tundaan geometrik pada pendekat j (det/smp)
 P_{sv} = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat (NS)
 P_T = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat

2.9.3.3 Tundaan Rata-Rata (D)

Perhitungan tundaan rata-rata pada pendekat j dihitung menggunakan rumus :

$$D = DT_J + DG_J \dots\dots\dots(2.37)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- Keterangan : D = Tundaan rata-rata (det/smp)
 DT_J = Tundaan lalu lintas pada pendekat j (det/smp)
 DG_J = Tundaan geometrik pada pendekat j (det/smp)

2.9.3.4 Tundaan Total

Tundaan Total dapat dihitung dengan rumus :

$$D_{TOT} = D \times Q \dots\dots\dots(2.38)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- Keterangan : D_{Tot} = Tundaan total (det/smp)
 D = Tundaan rata-rata (det/smp)
 Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

2.9.3.5 Tundaan Rata-Rata untuk Seluruh Simpang (D_i)

Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang dihitung menggunakan rumus :

$$D_i = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{TOT}} \dots\dots\dots(2.39)$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Keterangan : D_i = Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (det/smp)

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

D = Tundaan total (det/smp)

Q_{TOT} = Arus lalu lintas total (smp/jam)

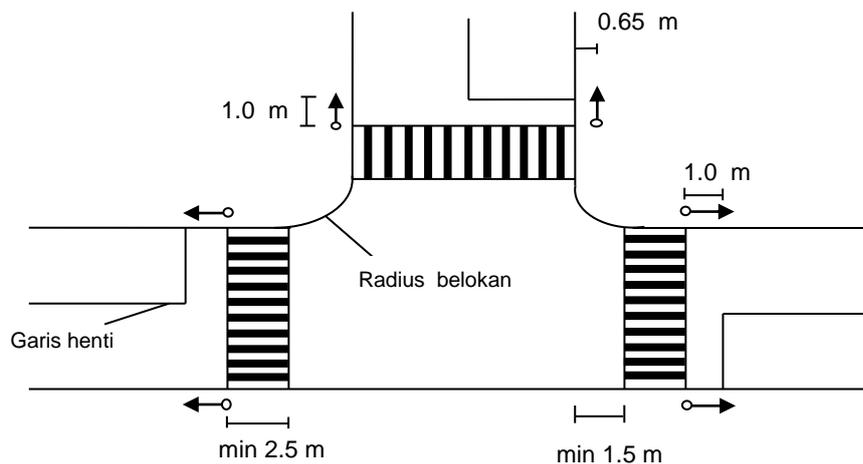
2.10 Tata Letak APILL

APILL primer adalah : APILL yang di pasang segaris denah garis henti (stop) pada bagian kiri lalu lintas yang datang.

APILL sekunder adalah : APILL yang di tempatkan agak jauh dari daerah yang dikontrol pada bagian kanan lalu lintas yang datang.

Tata letak APILL sebagai berikut :

1. APILL primer diletakan pada jarak 0.65 m dari sisi kiri jalur kendaraan diukur dari tiang lampu dan di tempatkan 1 m di depan garis henti, seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.10 Tata Letak APILL

Sumber : Pedoman Teknis Pengaturan Lalu Lintas di-Persimpangan Berdiri Sendiri dengan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas, Departemen Perhubungan, Direktur Jenderal Perhubungan Darat, 1996.

2. APILL sekunder diletakan di sisi sebelah kanan jalur dan penempatannya sedapat mungkin pada jarak yang sama dari poros jalan, serta dapat pula ditempatkan diatas jalan ataupun di seberang persimpangan.
3. Informasi yang diberikan oleh APILL sekunder harus sama dengan apa yang diberikan pada APILL primer.