

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Kondisi Simpang

3.1.1. Kondisi geometri dan lingkungan

Kondisi geometri digambarkan dalam bentuk gambar sketsa yang memberikan informasi lebar jalan, lebar bahu dan lebar median serta petunjuk arah untuk tiap lengan simpang. Lebar pendekat untuk tiap lengan diukur kurang lebih sepuluh meter dari garis henti.

Kondisi lingkungan jalan antara lain menggambarkan tipe jalan yang dibagi dalam tiga tipe, yaitu : tipe komersil, tipe pemukiman dan tipe akses terbatas. Selain itu juga akan berpengaruh oleh adanya gangguan samping median dan kelandaian lengan samping.

Data geometrik lalu lintas yang dibutuhkan untuk menganalisis simpang bersinyal sesuai dengan ketentuan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 adalah sebagai berikut :

1. Gambar tampak atas persimpangan yang meliputi : lebar pendekat, garis henti, penyebaran pejalan kaki, dan marka jalan serta anak panah yang menunjukkan arah utara.

2. Lebar perkerasan pendekat, jalur masuk dan keluar.
3. Fase dan waktu sinyal lalu lintas yang telah ada.
4. Gerakan belok kiri langsung (L_{TOR}).
5. Jumlah penduduk kota tempat mengadakan penelitian tersebut.
6. Tipe lingkungan yang ada di sekitar persimpangan (komersial, pemukiman, atau akses terbatas).
7. Tingkat hambatan samping.
8. Kelandaian jalan, naik = + %, turun = - %.
9. Jarak garis henti kendaraan parkir.

3.1.2. Data arus lalu lintas

Data arus lalu lintas dibagi dalam tipe kendaraan, yaitu kendaraan tak bermotor (UM), sepeda motor (MC), kendaraan berat (HV), dan kendaraan ringan (LV). Arus lalu lintas tiap pendekat dibagi dalam tipe pergerakan, yaitu gerakan belok kiri (Q_{LT}), lurus (Q_{ST}), dan belok kanan (Q_{RT}).

Gerakan belok kiri pada saat sinyal merah (L_{TOR}) diijinkan jika mempunyai lebar pendekat yang cukup, sehingga dapat melintas pada kendaraan yang lurus dan belok kanan. Setiap pendekat harus dihitung perbandingan belok kiri (P_{LT}) dan perbandingan belok kanan (P_{RT}), yang dirumuskan sebagai berikut :

$$PLT = \frac{LT \left(\frac{smp}{jam} \right)}{Total \left(\frac{smp}{jam} \right)} \quad (3.1)$$

$$PRT = \frac{RT \left(\frac{smp}{jam} \right)}{Total \left(\frac{smp}{jam} \right)} \quad (3.2)$$

Rasio kendaraan tak bermotor diperoleh dengan membagi arus kendaraan tak bermotor (Q_{UM}) dengan arus kendaraan bermotor (Q_{MV}), yang dirumuskan sebagai berikut :

$$PUM = \frac{Q_{UM}}{Q_{MV}} \quad (3.3)$$

Untuk perhitungan arus lalu lintas digunakan satuan smp/jam yang dibagi dalam dua tipe, yaitu arus terlindung (*protected traffic flow*) dan arus terlawan (*opposed traffic flow*), yang tergantung pada fase sinyal dan gerakan belok kanan. Nilai konversi diterangkan dalam tabel 3.1. di bawah ini :

Tabel 3.1. Faktor Ekvivalen Kendaraan Penumpang (emp)

	Emp untuk tingkat pendekat	
	Pendekat Terlindung	Pendekat Terlawan
Kendaraan Berat (LV)	1,0	1,0
Kendaraan Ringan (HV)	1,3	1,3
Kendaraan Motor (MC)	0,2	0,4

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 mengelompokkan kendaraan bermotor seperti yang tertera pada Tabel 3.2. berikut ini :

Tabel 3.2. Pengelompokan Kendaraan Bermotor

Jenis Kendaraan	Unsur Lalu Lintas
Kendaraan Ringan (LV)	Kendaraan bermotor 2 as beroda 4 dengan jarak as 2,0 – 3,0 m (termasuk mobil penumpang ,opplet, mikro bis, <i>pickup</i> , dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga

Kendaraan Berat (<i>RV</i>)	Kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,5 m, biasanya beroda 4 (termasuk bus, truk 2 as, truk 3 as, dan truk kombinasi sesuai sistem klasifikasi Bina Marga)
-------------------------------	--

Tabel 3.2. Pengelompokan Kendaraan Bermotor(lanjutan)

Jenis Kendaraan	Unsur Lalu Lintas
Sepeda Motor (<i>MC</i>)	Kendaraan bermotor beroda dua atau tiga (termasuk sepeda motor dan kendaraan beroda tiga sesuai klasifikasi Bina Marga)
Kendaraan Tak Bermotor (<i>UM</i>)	Kendaraan beroda yang menggunakan tenaga manusia atau hewan (termasuk sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong sesuai system klasifikasi Bina Marga)

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

3.2. Penggunaan Sinyal

3.2.1. Menghitung besarnya *clearance time*

Besarnya waktu *Clearance Time* diwujudkan dalam waktu merah semua yang dirumuskan sebagai berikut :

$$CT = \left[\frac{LEV + IEV}{VEV} - \frac{LAV}{VAV} \right] \quad (3.4)$$

Keterangan :

CT = waktu merah semua (detik).

LEV, LAV = jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang.

IEV = panjang kendaraan yang berangkat (m).

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

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Nilai – nilai yang dipilih VEV , VAV , dan IEV tergantung dari komposisi lalu lintas dan kondisi kecepatan pada lokasi. Nilai – nilai sementara berikut ini dapat dipilih untuk kondisi di Indonesia.

Kecepatan kendaraan yang datang (VEV) = 10 m/dt (kendaraan bermotor)

Kecepatan kendaraan yang berangkat (VAV) = 10 m/dt (kendaraan bermotor)

3 m/dt (kendaraan tak bermotor)

1,2 m/dt (pejalan kaki)

Panjang kendaraan yang berangkat (IEV) = 5 m (LV atau HV)

= 2 m (MC atau UM)

3.2.2. Menentukan besarnya waktu hilang

Apabila periode merah semua untuk masing – masing akhir fase telah ditetapkan, maka waktu hilang LTI untuk simpang dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu – waktu antar hijau.

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, disebutkan bahwa untuk menentukan besarnya waktu hilang digunakan rumus sebagai berikut ini :

$$L_{TI} = \Sigma (\text{Merah semua} + \text{Kuning}) I = \Sigma I g_i (3.5)$$

Panjang waktu kuning pada sinyal lalu lintas perkotaan di Indonesia biasanya adalah 3,0 detik.

3.3. Menentukan Waktu Sinyal

3.3.1. Tipe pendekat

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, tipe pendekat dibedakan menjadi dua tipe yaitu sebagai berikut ini :

1. Tipe terlawan (*O = opposed*), apabila pada arus berangkat terjadi konflik dengan lalu lintas dari arah yang berlawanan.
2. Tipe terlindung (*P = protected*), apabila pada arus berangkat tidak terjadi konflik dengan lalu lintas dari arah yang berlawanan.

Sebagai pedoman penentuan tipe pendekat *Opposed* dan *Protected* dapat dilihat pada Gambar 3.1. di bawah ini :

Tipe pendekat	Keterangan	Contoh pola-pola pendekatan		
Terlindung P	Arus berangkat tanpa konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan satu arah	Jalan satu arah	Simpang T
		Jalan dua arah, gerakan belok kanan terbatas		
Terlawan O	Arus berangkat dengan konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan dua arah, fase sinyal terpisah untuk masing-masing arah.		

Gambar 3.1. Penetapan Tipe Pendekat

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

3.3.2. Lebar pendekat efektif

Lebar pendekat efektif (W_e) untuk pendekat dengan pulau lalu lintas ataupun tanpa pulau lalu lintas dapat ditentukan dengan rumus berikut ini :

1. Jika $W_{LTOR} \geq 2$ m

Dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan $LTOR$ dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan dalam pendekat selama sinyal merah.

Selanjutnya arus lalu lintas belok ke kiri langsung (Q_{LTOR}) tidak disertakan dalam perhitungan waktu sinyal dan kapasitas (Formulir SIG - IV), sehingga $Q = Q_{ST} + Q_{RT}$. Persamaan untuk penentuan lebar efektif dengan rumus sebagai berikut ini :

$$\begin{aligned} W_e &= \text{Min} (W_A - W_{LTOR}) \\ &= \text{Min} . W_{masuk} \end{aligned} \quad (3.6)$$

$$\text{Jika } W_{exit} < W_e (1 - PRT), \text{ maka } W_e = W_{exit} \quad (3.7)$$

Selanjutnya arus lalu lintas yang disertakan dalam perhitungan waktu sinyal dan kapasitas (Formulir SIG - IV), sehingga $Q = Q_{ST}$.

2. Jika $W_{LTOR} < 2$ m

Dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan $LTOR$ tidak dapat mendahului antrian kendaraan lainnya dalam pendekat selama sinyal merah. Selanjutnya arus lalu lintas belok kiri langsung (Q_{LTOR}) disertakan dalam perhitungan waktu sinyal dan kapasitas (Formulir SIG - IV), sehingga $Q = Q_{ST} + Q_{RT} + (Q_{LTOR})$

Persamaan untuk penentuan lebar pendekat efektif dengan rumus sebagai berikut

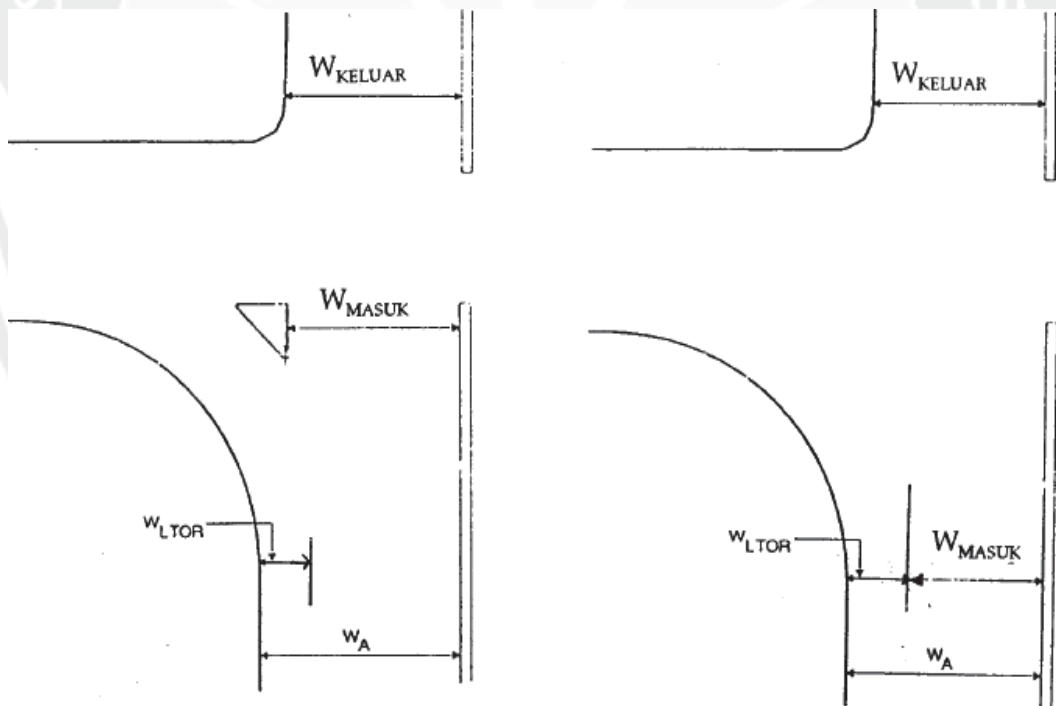
:

$$\begin{aligned}
 W_e &= \text{Min} \cdot W_A \\
 &= \text{Min} \cdot (W_{\text{masuk}} + W_{\text{LTOR}}) \\
 &= \text{Min} \cdot (W_A \times (1 + \text{PLTOR}) - W_{\text{LTOR}}) \quad (3.8)
 \end{aligned}$$

$$\text{Jika } W_{\text{exit}} < W_e (1 - \text{PRT}), \text{ maka } W_e = W_{\text{exit}} \quad (3.9)$$

Selanjutnya arus lalu lintas yang disertakan dalam perhitungan waktu sinyal dan kapasitas (Formulir SIG - IV), sehingga $Q = Q_{ST}$.

Sebagai pedoman untuk menentukan nilai W_A , W_{masuk} , W_{LTOR} , dan W_{keluar} untuk pendekat dengan pulau lalu lintas maupun tanpa pulau lalu lintas dapat dilihat pada Gambar 3.2. di bawah ini :



Gambar 3.2. Tipe Pendekat Dengan atau Tanpa Pulau

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

3.3.3. Waktu siklus dan waktu hijau

1. Waktu siklus sebelum penyesuaian (*CUA*)

Waktu siklus sebelum penyesuaian (*CUA*) untuk pengendalian waktu tetap dihitung dengan rumus :

$$CUA = (1.5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \quad (3.10)$$

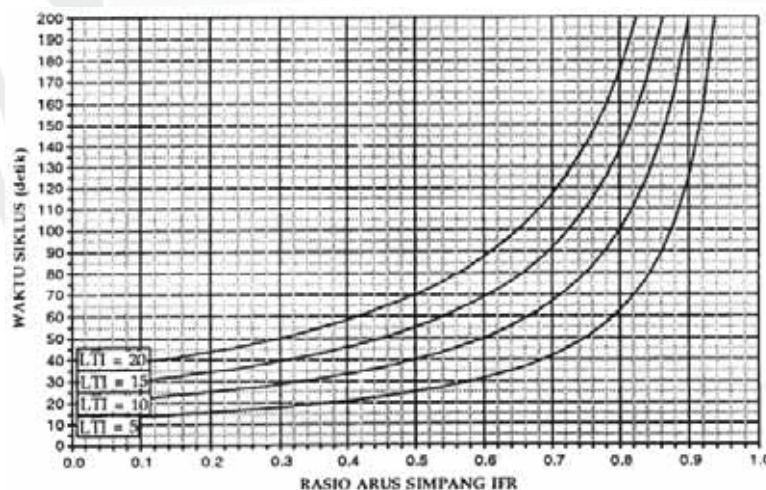
Keterangan :

CUA = Waktu siklus sebelum waktu penyesuaian sinyal (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

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

Penentuan besarnya waktu siklus sebelum penyesuaian (*CUA*) juga dapat diperoleh dari Gambar 3.3. berikut ini :



Gambar 3.3. Penepatan Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Jika alternatif waktu sinyal dianalisis, maka menghasilkan nilai terendah dari $(IFR + LT/c)$ adalah yang paling efisien.

$$Fase\ optimal = Min (IFR + LT/c) \quad (3.11)$$

Untuk memperoleh waktu siklus optimal (CO), sebaiknya memperhatikan batasan – batasan yang dianjurkan dapat dilihat pada Tabel 3.3. di bawah ini :

Tabel 3.3. Batasan Waktu Siklus Yang Disarankan Untuk Keadaan Yang Berbeda

Tipe Pengatur	Waktu Siklus Yang Layak (detik)
Pengaturan 2 Fase	40 – 80
Pengaturan 3 Fase	50 – 100
Pengaturan 4 Fase	80 – 130

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Nilai – nilai yang lebih rendah yang dipakai untuk simpang dengan lebar jalan < 10 m, nilai yang lebih tinggi digunakan 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 simpang yang sangat khusus (simpang yang 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.

2. Waktu hijau

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, waktu hijau adalah waktu nyala hijau dalam satu pendekat (det) yang dihitung dengan rumus :

$$g_i = (CUA - LTI) \times Pri \quad (3.12)$$

Keterangan :

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)

CUA = Waktu siklus sebelum waktu penyesuaian sinyal (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

PR_i = Rasio $FR_{CRIT} / \Sigma (FR_{CRIT})$

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

3. Waktu siklus yang disesuaikan

Besarnya waktu siklus yang disesuaikan (c) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut ini :

$$c = \Sigma g + LTI \quad (3.13)$$

Keterangan :

c = Waktu siklus yang disesuaikan

Σg = Jumlah total waktu hijau (det)

LTI = Waktu hilang

3.3.4. Kapasitas

Kapasitas untuk menyatakan kemampuan jalan maupun simpang dan kondisi lalu lintas di mana kapasitas diaplikasikan sebagai jumlah kendaraan yang melalui titik pada suatu jalan maupun simpang. Besarnya nilai kapasitas dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$\text{Kapasitas}(C) = S \times g/c \quad (3.14)$$

Keterangan :

C = Kapasitas (smp/jam)

S = Arus jenuh yang disesuaikan (smp/jam hijau)

g = Waktu hijau (det)

c = Waktu siklus disesuaikan (det)

Nilai kapasitas dipakai untuk menghitung derajat kejenuhan (DS) untuk masing – masing pendekat dengan rumus :

$$DS = Q / C \quad (3.15)$$

Setelah didapat nilai kapasitas dan derajat kejenuhan, rasio hijau (GR) dapat dicari dengan rumus berikut ini :

$$GR = g/c \quad (3.16)$$

Keterangan :

GR = Rasio hijau

g = Waktu hijau

c = Waktu siklus yang disesuaikan

3.3.5. Arus jenuh dasar

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

1. Untuk pendekat tipe P (arus terlindung / *protected*)

Arus jenuh dasar dapat dihitung dengan rumus di bawah ini :

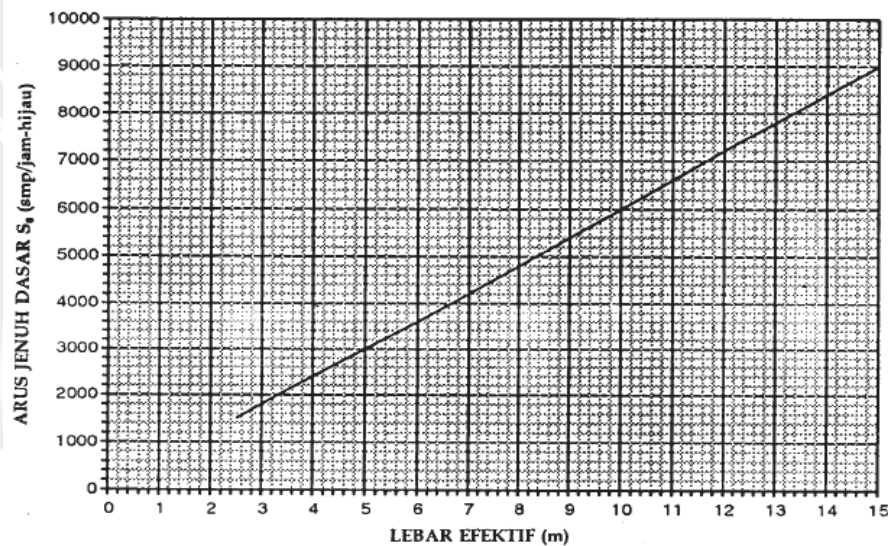
$$So = 600 \times We \quad (3.17)$$

Keterangan :

S_o = Arus jenuh dasar (smp/jam hijau)

W_e = Lebar pendekat (m)

Atau dengan menggunakan gambar 3.4. Arus Jenuh Dasar untuk pendekat Tipe P dibawah ini :



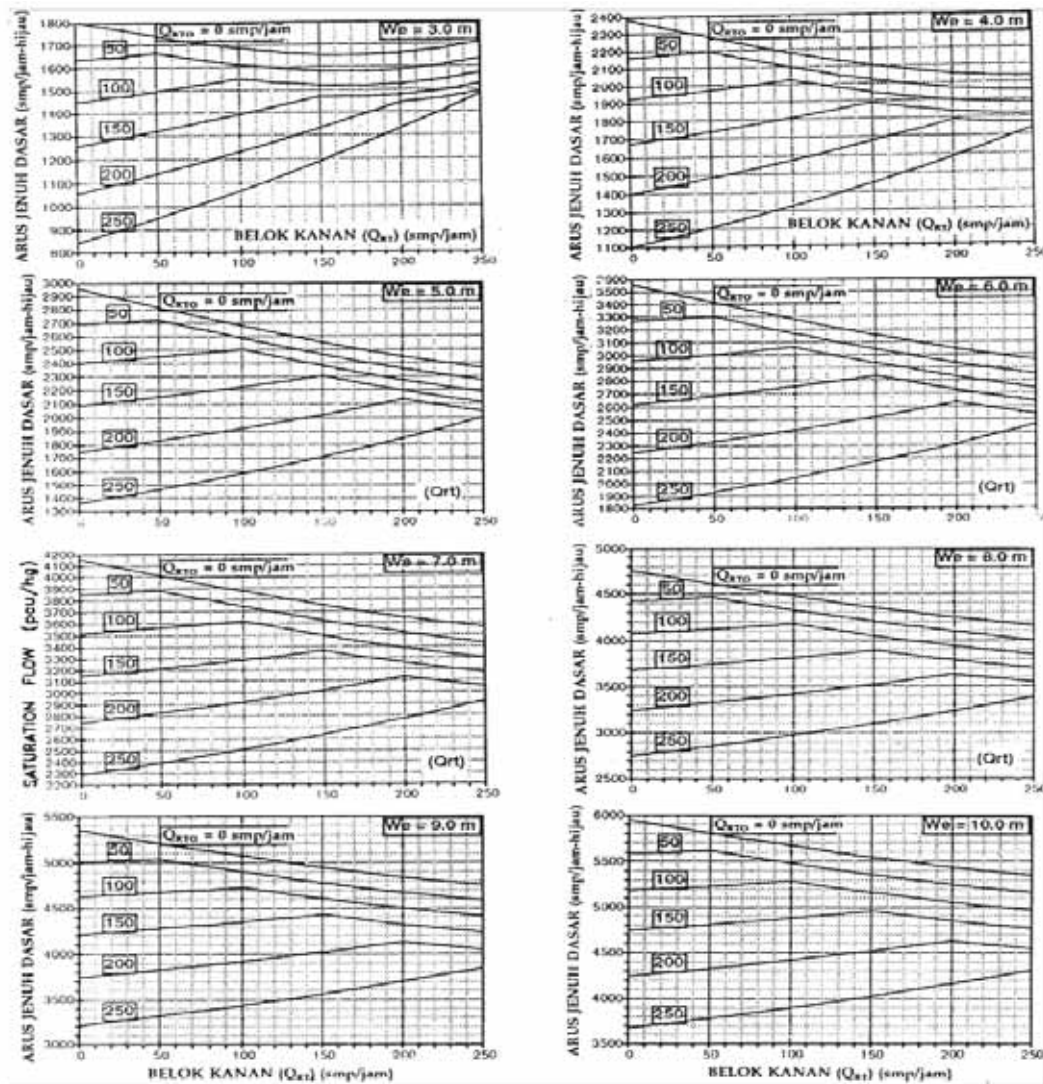
Gambar 3.4. Arus Jenuh Dasar untuk Pendekat Tipe P

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

2. Untuk pendekat tipe O (arus berlawanan / *opposed*)

Arus dasar jenuh (S_o) ditentukan berdasarkan Gambar 3.5. (untuk pendekat tipe O tanpa lajur belok kanan terpisah) dan Gambar 3.6. (untuk pendekat tipe O dengan lajur belok kanan terpisah) sebagai berikut.

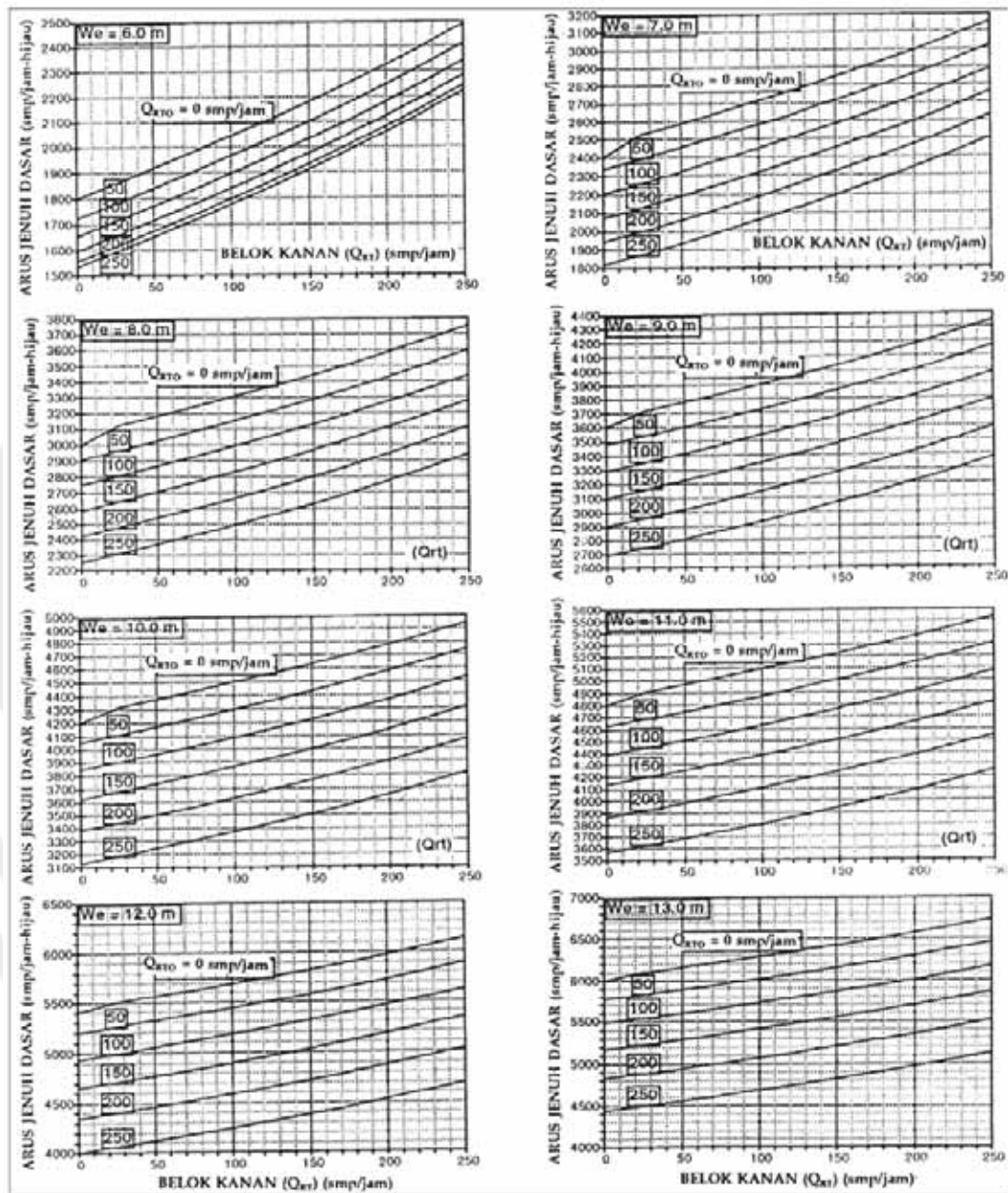
Penentuan S_o untuk pendekat tipe O tanpa lajur belok kanan terpisah dapat dilihat pada Gambar 3.5. dibawah ini :



Gambar 3.5. Penentuan S_o untuk pendekat tipe O Tanpa Lajur Belok kanan Terpisah

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Penentuan S_o untuk pendekat tipe O dengan lajur belok kanan terpisah dapat dilihat pada Gambar 3.6. di bawah ini :



Gambar 3.6. Penentuan S_o untuk pendekatan tipe O dengan lajur belok kanan terpisah

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

3.3.6. Faktor penyesuaian

Penetapan faktor penyesuaian untuk nilai aruh jenuh dasar dipakai untuk kedua tipe pendekat *Protected (P)* dan *Opposed (O)*, yaitu :

1. Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{cs})

Penentuan faktor penyesuaian ukuran kota (F_{cs}) disajikan dalam Tabel 3.4. berikut ini :

Tabel 3.4. Tabel Penyesuaian Ukuran Kota

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)

Adapun untuk klasifikasi ukuran kota menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 disajikan dalam Tabel 3.5. berikut ini :

Tabel 3.5. Kelas Ukuran Kota

Penduduk Kota (juta jiwa)	Kelas Ukuran Kota
3,0	Sangat Besar
1,0 – 3,0	Besar
0,5 – 1,0	Sedang
0,1 – 0,5	Kecil
< 0,1	Sangat Kecil

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

2. Faktor penyesuaian hambatan samping (F_{sf})

Penentuan besarnya faktor penyesuaian hambatan samping (F_{sf}) ditentukan dari Tabel 3.6. berikut ini :

Tabel 3.6. Faktor Penyesuaian untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor

Lingkungan jalan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥ 0,25
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Permukiman (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	0,88	0,86
Akses terbatas (RA)	Tinggi Sedang Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
	Tinggi Sedang Rendah	Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Adapun tingkat hambatan samping yang telah dikelompokkan dalam lima kelas dapat dilihat pada Tabel 3.7. berikut ini :

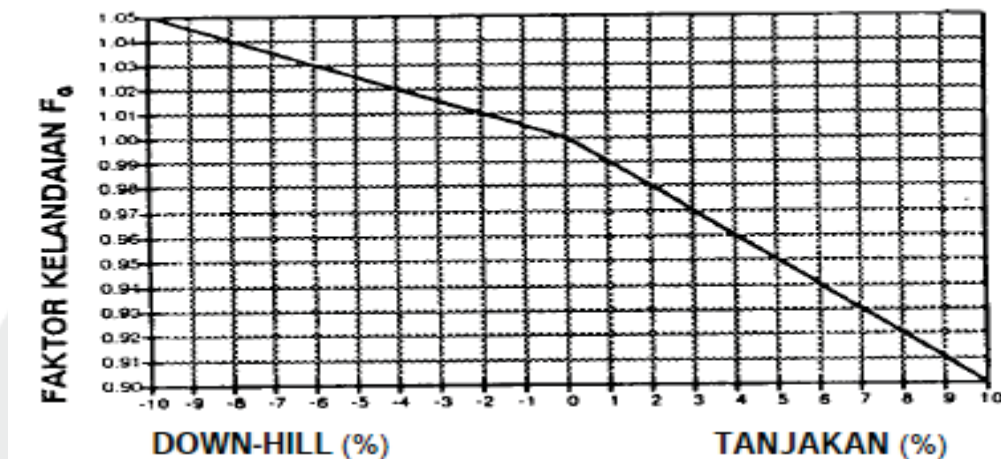
Tabel 3.7. Kelas Hambatan Untuk Jalan Perkotaan

Kelas hambatan samping (Sfc)	Kode	Jumlah bobot kejadian per 200 m/jam (dua sisi)	Kondisi khusus
Sangat rendah	VL	< 100	Daerah pemukiman, jalan samping tersedia
Rendah	L	100 – 299	Daerah pemukiman, beberapa angkutan kota, dsb.
Sedang	M	300 – 499	Daerah industri, beberapa toko sisi jalan.
Tinggi	H	500 – 899	Daerah komersil, aktifitas sisi jalan tinggi.
Sangat tinggi	VH	>900	Daerah komersil, aktifitas pasar sisi jalan.

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

3. Faktor kelandaian (F_G)

Penentuan faktor kelandaian (F_G) dapat dilihat pada Gambar 3.7. berikut ini :



Gambar 3.7. Faktor Penyesuaian untuk Kelandaian (F_G)

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

4. Faktor koreksi parker (F_P)

Besarnya faktor koreksi parker dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut ini :

$$F_P = [L_P/3 - (W_A - 2) \times (L_P/3 - g)/W_A]/g \quad (3.18)$$

Keterangan :

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

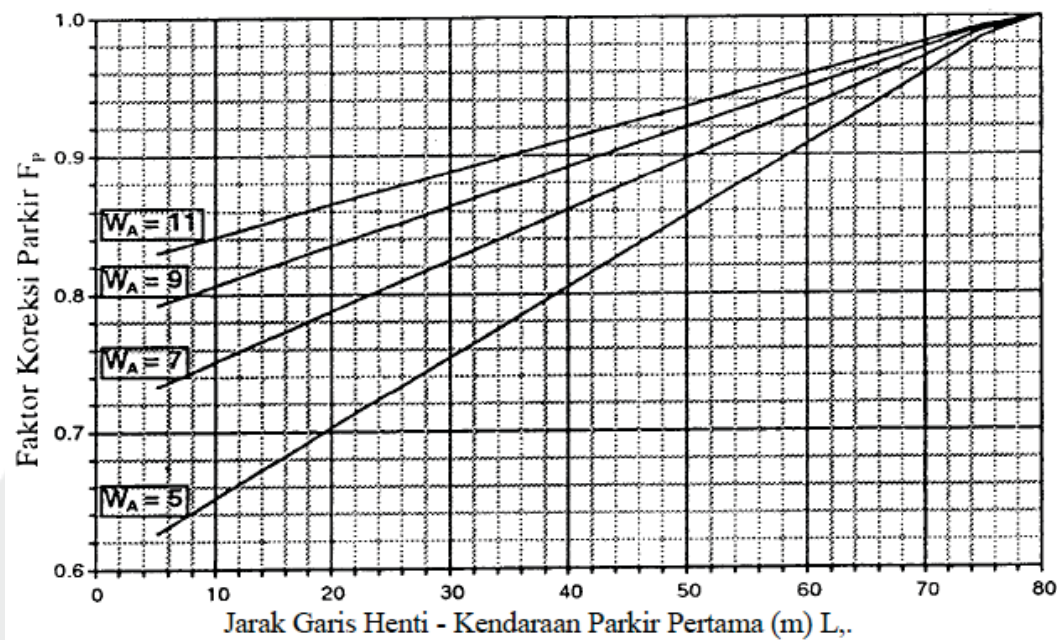
W_A = Lebar pendekat (m)

g = Waktu hijau pada pendekat (nilai normal 26 detik)

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Penentuan besarnya faktor penyesuaian parker (F_P) juga dapat ditentukan dari

Gambar 3.8. dibawah ini :



Gambar 3.8. Faktor Penyesuaian untuk Pengaruh Parkir dan Laju Belok Kiri yang Pendek

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

5. Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT})

Penentuan besarnya faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan berlok kanan (P_{RT}). Faktor penyesuaian belok kanan dihitung hanya pada pendekat P (*Protected* / arus terlindung). Faktor penyesuaian belok kanan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{RT} = Q_{RT}/Q_{TOT} \quad (3.19)$$

Keterangan :

P_{RT} = persentase belok kanan

Q_{RT} = jumlah arus yang belok kanan pada tiap pendekat (*smp/jam*)

Q_{TOT} = Jumlah total arus pada tiap pendekat (*smp/jam*)

Setelah diketahui P_{RT} , kemudian F_{RT} dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini :

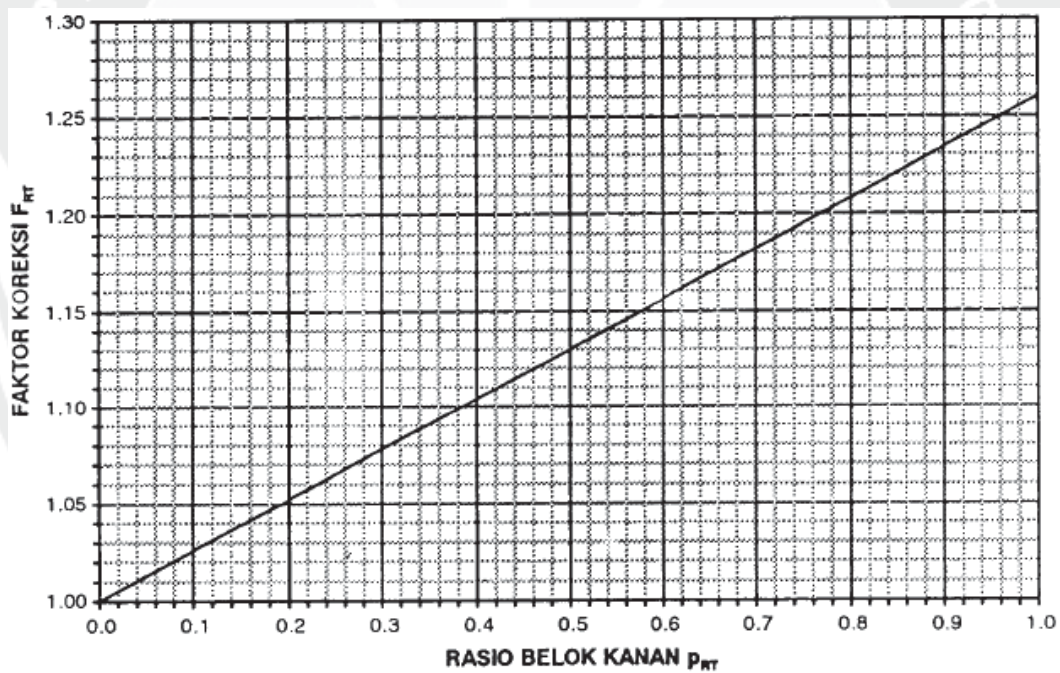
$$F_{RT} = 1,0 + (P_{RT} \times 0,26) \quad (3.20)$$

Keterangan :

F_{RT} = faktor penyesuaian belok kanan

P_{RT} = persentase belok kanan

Penentuan faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) dapat dicari dengan menggunakan Gambar 3.9. berikut ini :



Gambar 3.9. Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{RT})

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

6. Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT})

Besarnya faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut ini :

$$P_{LT} = Q_{LT} / Q_{TOT} \quad (3.21)$$

Keterangan :

P_{LT} = persentase belok kiri

Q_{LT} = jumlah arus yang belok kiri pada tiap pendekat (smp/jam)

Q_{TOT} = jumlah total arus pada tiap pendekat (smp/jam)

Setelah diketahui P_{LT} , besarnya F_{LT} dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini :

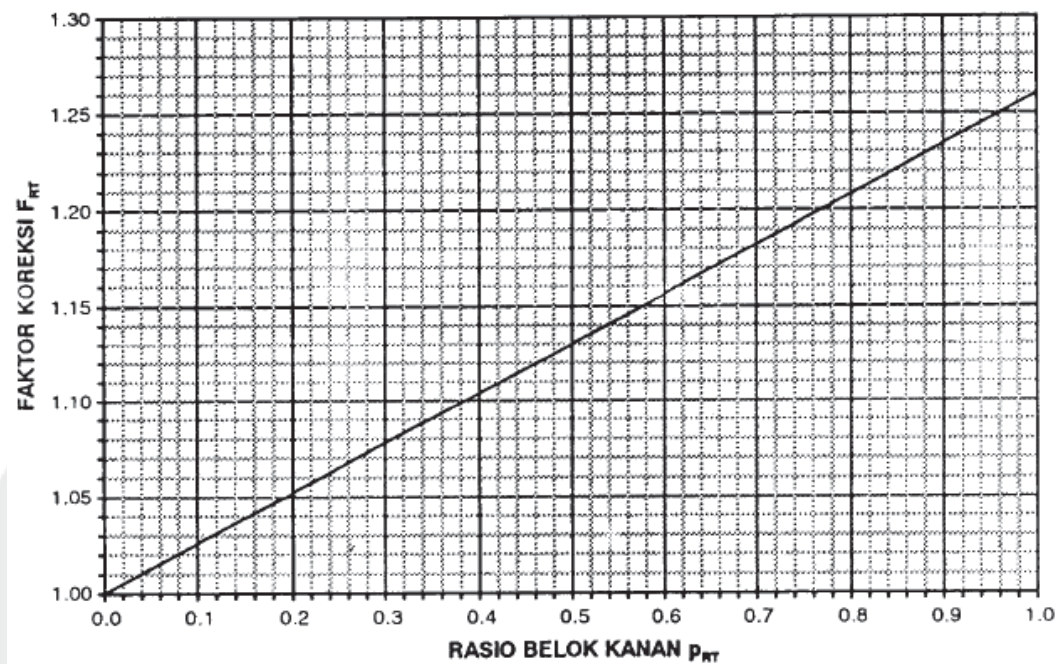
$$F_{LT} = 1,0 - (P_{LT} \times 0,16) \quad (3.22)$$

Keterangan :

F_{LT} = faktor penyesuaian belok kiri

P_{LT} = persentase belok kiri

Besarnya nilai penyesuaian belok kiri (F_{LT}) juga dapat diperoleh dari Gambar 3.10. berikut ini :



Gambar 3.10. Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

3.3.7. Perhitungan arus jenuh yang disesuaikan

Setelah perhitungan penyesuaian ditentukan, nilai arus jenuh yang disesuaikan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut ini :

$$S = S_O \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (3.23)$$

Keterangan :

S = nilai arus jenuh yang disesuaikan (smp/jam)

S_O = arus jenuh dasar

F_{CS} = faktor penyesuaian ukuran kota

F_{SF} = faktor penyesuai hambatan samping

F_G = faktor penyesuaian kelandaian

F_P = faktor penyesuaian parkir

F_{RT} = faktor penyesuaian belok kanan

F_{LT} = faktor penyesuaian belok kiri

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

3.3.8. Rasio arus / arus jenuh

Rasio arus jenuh (*flow ratio*) yang terjadi pada tiap-tiap pendekatan pada kaki simpang dengan fase yang sama, merupakan perbandingan antara arus ($flow = Q$) dan arus jenuh ($Saturation = S$). besarnya arus jenuh dapat dihitung dengan rumus dibawah ini :

$$F_R = Q / S \quad (3.24)$$

Keterangan :

F_R = rasio arus jenuh

Q = jumlah arus lalu lintas (smp/jam)

S = arus jenuh yang disesuaikan (smp/jam hijau)

Jumlah *flow ratio* dalam satu fase lebih dari satu, maka perlu diambil nilai yang kritis. Harga rasio jenuh terbesar pada setiap fase disebut rasio arus jenuh (FR_{CRIT}), sedangkan penjumlahan dari FR_{CRIT} keseluruhan satu fase pada satu siklus dinamakan arus simpang (IFR).

$$IFR = \sum (FR_{CRIT}) \quad (3.25)$$

Rasio fase (FR) untuk masing-masing fase dihitung dengan rumus berikut ini :

$$(PR) = FR_{CRIT} / IFR \quad (3.26)$$

3.4. Panjang Antrian

Panjang antrian yaitu jumlah rata – rata antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ) dihitung sebagai jumlah smp tersisa dari fase hijau sebelumnya ($NQ1$) ditambah jumlah smp yang datang selama fase merah ($NQ2$) atau dapat dirumuskan sebagai berikut ini :

$$NQ = NQ1 + NQ2 \quad (3.27)$$

Persamaan untuk penentuan jumlah antrian smp ($NQ1$) yang tersisa dari fase hijau dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \quad (3.28)$$

Jika $DS > 0.5$ selain dari itu $NQ_1 = 0$

Keterangan :

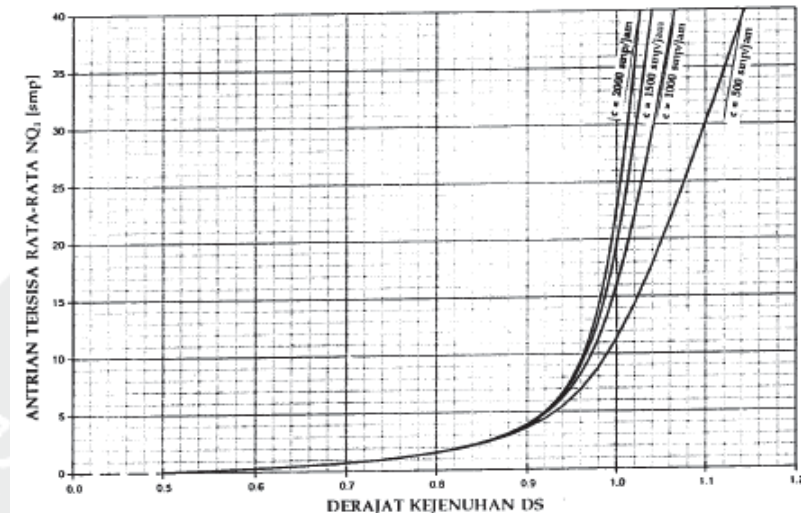
NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = Derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau

C = Kapasitas (smp/jam) = arus jenuh dikalikan rasio hijau ($S \times GR$)

Atau dapat dicari dengan menggunakan Gambar 3.11. berikut ini :



Gambar 3.11. Jumlah Kendaraan Antri (smp) Yang Tersisa Dari Fase Hijau Sebelumnya (NQ_1)

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Penentuan besarnya nilai jumlah antrian smp yang datang pada fase merah (NQ_2), dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut ini :

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

Keterangan :

NQ_2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = Derajat kejenuhan

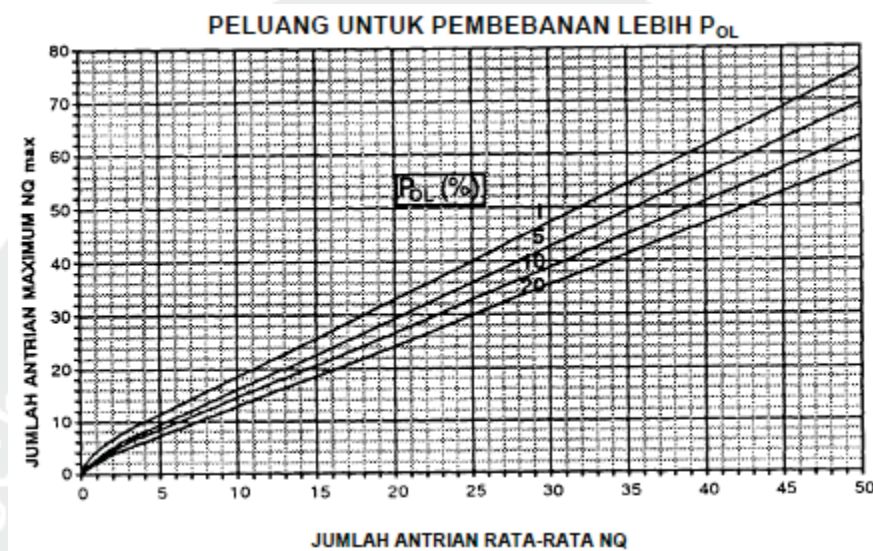
GR = Rasio hijau

c = Waktu siklus disesuaikan (det)

Q_{masuk} = Arus lalu lintas pada pendekat tersebut (smp/det)

Untuk menyesuaikan NQ dalam hal peluang yang diijinkan untuk terjadinya pembebanan lebih POL (%) dan NQ_{MAX} . Untuk perancangan dan perencanaan

disarankan $POL \leq 5 \%$, untuk operasi suatu nilai $POL = 5 - 10 \%$ mungkin dapat diterima. Dapat dicari dengan menggunakan Gambar 3.12. berikut ini :



Gambar 3.12. Perhitungan Jumlah Antrian (NQ_{maks}) Dalam smp

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, panjang antrian QL diperoleh dari perkalian NQ dengan luas rata – rata yang dipergunakan per smp (20 m²) dan pembagiandengan lebar masuk seperti yang dirumuskan di bawah ini :

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

3.5. Kendaraan Terhenti

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, angka henti (NS) adalah jumlah rata – rata berhenti per kendaraan (termasuk berhenti berulang – ulang dalam antrian). Angka henti (NS) dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$NS = 0,9 \times NQ / Q \times c \times 3600 \quad (3.31)$$

Keterangan :

NS = Angka henti

NQ = Jumlah kendaraan yang antri pada suatu pendekat

c = Waktu siklus disesuaikan

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

Setelah besarnya nilai angka henti diketahui maka jumlah kendaraan terhenti (NSV) masing – masing pendekat dapat dicari dengan rumus berikut ini :

$$NSV = Q \times NS \quad (3.32)$$

Maka besarnya angka henti seluruh simpang dicari dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total Q dalam kend/jam. Angka henti total NS_{TOT} dapat dihitung dengan rumus :

$$NS_{TOT} = \Sigma NSV / Q_{TOT} \quad (3.33)$$

3.6. Tundaan

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui sebuah simpang, apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui suatu simpang.

Tundaan terdiri dari :

1. Tundaan lalu lintas (DL)

Tundaan lalu lintas adalah waktu menunggu yang disebabkan interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang bertentangan. Besarnya tundaan lalu lintas (DT), dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$DT = c \times A + ((NQ_1 \times 3600) / C) \quad (3.34)$$

Keterangan :

DT = Tundaan lalu lintas rata – rata (det/smp)

c = Waktu siklus yang disesuaikan (det)

$$A = 0,5 \times (1 - GR)^2 / (1 - GR \times DS) \quad (3.35)$$

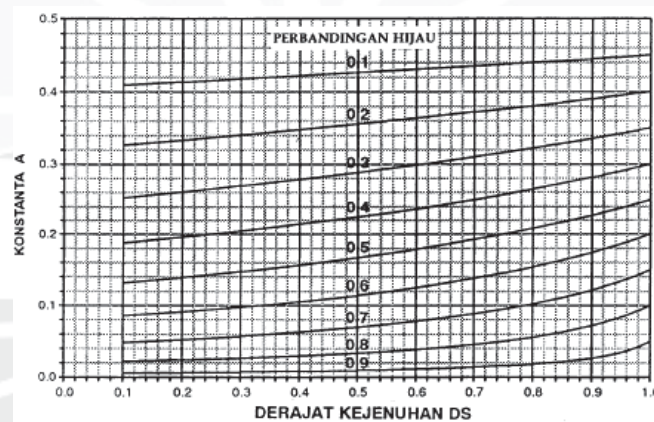
GR = Rasio hijau = (g/c)

DS = Derajat kejenuhan

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

C = Kapasitas (smp/jam)

Penetapan tundaan lalu lintas (DT) bisa dicari dengan Gambar 3.13. berikut ini :



Gambar 3.13. Tundaan Lalu Lintas Rata – Rata (DT)

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

2. Tundaan geometrik (DG)

Tundaan geometrik (DG) adalah disebabkan karena perlambatan dan percepatan kendaraan yang membelok di persimpangan dan atau yang terhenti oleh lampu merah.

Tundaan geometrik (DG) rata – rata pada masing – masing pendekat akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan atau ketika dihentikan oleh lampu merah.

Penetapan besarnya nilai tundaan geometrik dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$DG_j = (1 - PSV) \times P_T \times 6 + (PSV \times 4) \quad (3.36)$$

Keterangan :

DG_j = Tundaan geometrik rata – rata untuk pendekat j (det/smp)

PSV = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat = $Min(NS,1)$

P_T = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat

Penetapan tundaan total tiap pendekat dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut ini :

$$D = DT + DG \quad (3.37)$$

$$DG_{TOT} = D \times Q \quad (3.38)$$

Penetapan tundaan rata – rata untuk seluruh simpang (DI) dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total ($QTOT$) dalam smp/jam, dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$DI = \Sigma (Q \times D) / QTOT \quad (3.39)$$

Tundaan rata – rata digunakan sebagai indikator tingkat pelayanan pada tabel 3.7. dari masing – masing pendekat, demikian juga dari suatu simpang secara keseluruhan.

Tabel 3.7. Tingkat Pelayanan Untuk Simpang Bersinyal

TINGKAT PELAYANAN	TUNDAAN (det/smp)
A	$\leq 5,0$
B	5,1 – 15,0
C	15,1 – 25,0
D	25,1 – 40,0
E	40,1 – 60,0
F	$\geq 60,1$

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)