BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Kondisi Simpang

3.1.1 Kondisi geometri dan lingkungan

Kondisi geometri persimpangan juga memberikan pengaruh terhadap lalu lintas pada simpang, sehingga harus digambarkan dalam bentuk sketsa yang memberikan informasi lebar jalan, lebar bahu, lebar median serta petunjuk arah untuk tiap lengan simpang.

Kondisi Lingkungan jalan berkaitan dengan tipe yang dibagi dalam tiga tipe, yaitu: tipe komersial, tipe pemukiman, dan tipe akses terbatas. Selain itu juga hambatan samping, dan lebar jalan pada simpang.

Data Geometri lalu lintas yang digunakan untuk menganalisis simpang bersinyal sesuai dengan MKJI 1997 adalah sebagai berikut :

1. Gambar tampak atas persimpangan yang meliputi : lebar pendekat, garis henti, penyebaran pejalan kaki, dan marka jalan serta arah mata angin yang menunjukan arah utara,
2. Lebar perkerasan pendekat, lajur masuk dan keluar,
3. Fase dan waktu sinyal lalu lintas yang telah ada,
4. Gerakkan belok kiri langsung *(LTOR,)*
5. Jumlah penduduk kota, ditempat 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 Kondisi arus lalu lintas

Arus lalu lintas adalah jumlah unsur lalu lintas yang melalui suatu titik,per satuan waktu (contoh: kebutuhan lalu lintas kendaraan/jam; smp/jam) atau LHRT (Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan).

Data arus lalu lintas dibagi dalam tipe kendaraan, yaitu kendaraan ringan *(LV),* kendaraan berat *(HV),* sepeda motor *(MC),* dan kendaraan tak bermotor *(UM)*.

Arus lalu lintas *(Q)* 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 ekuivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekat terlindung dan terlawan yang terdapat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Faktor Ekivalen mobil penumpang

Jenis Kendaraan	emp untuk tiap 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)

Gerakan belok kiri pada sinyal merah (LTOR) 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 :

$$P_{LT} = \frac{LT\ (\frac{smp}{jam})}{TOTAL(\frac{smp}{jam})} \quad \text{.....(3.1)}$$

$$P_{RT} = \frac{RT\ (\frac{smp}{jam})}{TOTAL\ (\frac{smp}{jam})} \quad \text{.....(3.2)}$$

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

$$P_{UM} = \frac{QUM}{QMV} \quad \text{.....(3.3)}$$

Menurut MKJI (1997) semua arus lalu lintas (per arah dan lokasi) diubah menjadi satuan mobil penumpang (smp) dengan menggunakan ekuivalen mobil penumpang (emp) yang diturunkan secara empiris untuk tipe kendaraan yang dikategorikan menjadi empat jenis, yaitu :

1. Kendaraan ringan (*LV*), yaitu kendaraaan bermotor ber as dua dengan 4 (empat) roda dan dengan jarak as 2-3 meter (meliputi: mobil penumpang, mobil sedan, minibus, pick-up, jeep, dan truk kecil),

2. Kendaraan berat (*HV*) yaitu kendaraan bermotor dengan lebih dari empat roda dengan jarak as lebih dari 3,5 meter (meliputi: bis, truk 2 as, truk 3 as, dan truk kombinasi),
3. Sepeda motor (*MC*),yaitu kendaraaan bermotor dengan 2 atau 3 roda (meliputi: sepeda motor dan kendaraan roda 3),
4. Kendaraan tak bermotor(*UM)*, yaitu kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh orang atau hewan (meliputi: sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong).

3.2 Penggunaan Sinyal

3.2.1 Menghitung besarnya *clearance time*

Besarnya waktu clearance time diwujudkan dalam waktu merah semua yang dirumuskan sebagai berikut:

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

Keterangan :

CT = waktu merah semua (detik)

L_{EV},L_{AV} = jarak dari garis henti ke titik konflik

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

V_{EV}, V_{AV} = Kecepatan masing-masing kendaraan untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/dtk)

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Nilai-nilai yang dipilih untukV_{EV}, V_{AV}, I_{EV} tergantung dari komposisi lalu lintas dan kondisi kecepatan pada lokasi. Nilai-nilai sementara berikut ini dapat dipilih dengan kondisi di Indonesia.

Kecepatan kendaraan yang datang (V_{AV}) =10m/dtk (kendaraan bermotor)

Kecepatan kendaraan yang berangkat (V_{EV}) = 10 m/dtk (kendaraan bermotor)

= 3 m/dtk (kendaraan tak bermotor)

= 1,2 m/dtk (pejalan kaki)

Panjang kendaraan yang berangkat (I_{EV}) = 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, waktu hilang (LTI) untuk simpang dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu-waktu antar hijau.

Dalam MKJI (1997), perhitungan besarnya waktu hilang dirumuskan sebagai berikut :

$$LTI = \sum (\text{merahsemua} + \text{kuning})I = \sum I_{gi} \quad \text{.....(3.5)}$$

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

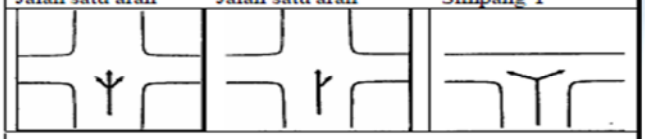
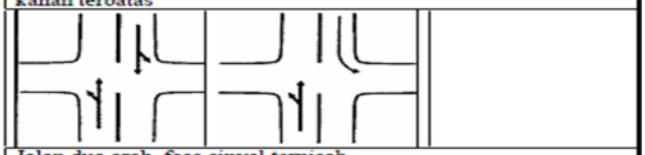
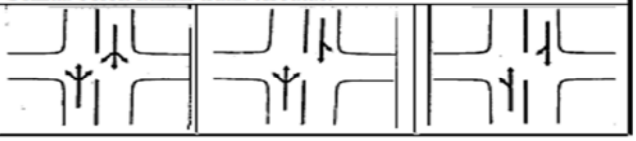
3.3 Menentukan Waktu Sinyal

3.3.1 Tipe pendekat

Dalam MKJI (1997), tipe pendekat dibedakan menjadi dua tipe yaitu sebagai berikut :

1. Tipe berlawanan (*O = opposed*), apabila pada arus berangkat tanpa konflik dengan lalu lintas arah berlawanan, dan
2. Tipe terlindung (*P = protected*), apabila pada arus berangkat terjadi konflik dengan lalul intas dari arah berlawanan.

Sebagai pedoman penentuan tipe pendekat berlawanan dan terlindung dapat dilihat pada gambar 3.1. dibawahi ni :

Tipe pendekat	Keterangan	Cotoh 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 
		Jalan dua arah, fase sinyal terpisah untuk masing-masing arah.
Terlawan O	Arus berangkat dengan konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan dua arah, arus berangkat dari arah-arah berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak terbatas. 

Gambar 3.1. Penentuan Tipe Pendekat

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

3.3.2 Lebar pendekat efektif (W_e)

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 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 :

   W_e = Min ($W_A - W_{LTOR}$)

   = Min W_{masuk}.....(3.6)

   Jika $W_{KELUAR} < W_e(1-P_{RT})$, maka $W_e = W_{KELUAR}$.....(3.7)

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

2. Jika $W_{LTOR} \leq 2$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 $Q = Q_{ST} + (Q_{LTOR})$.

   Persamaan untuk penentuan lebar pendekat efektif dengan rumus sebagai berikut :

   W_e = Min .W_A

W_e = Min .(W_{masuk}– W_{LTOR})

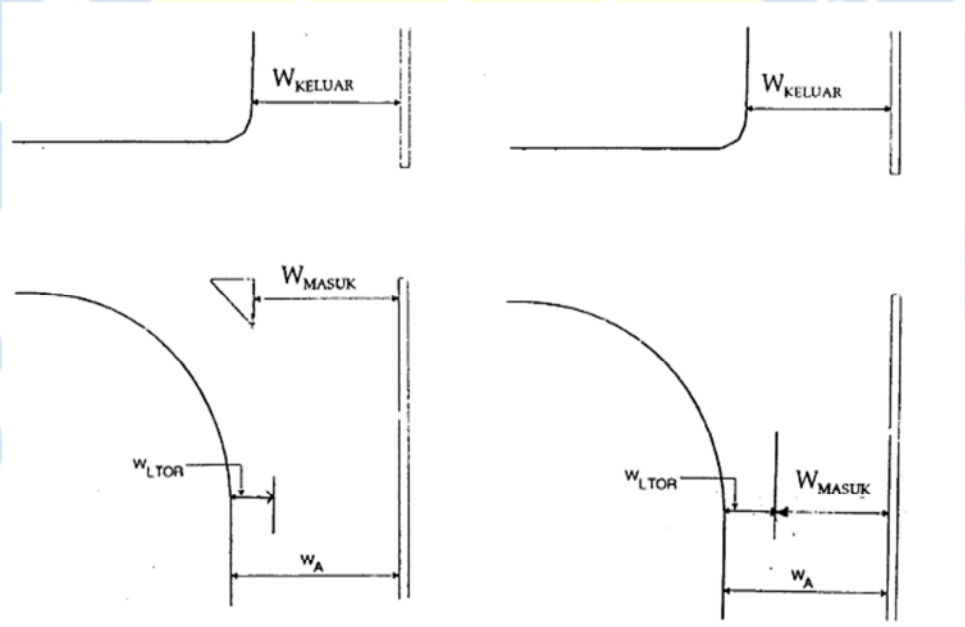
= Min .(W_A x(1+P_{LTOR})-W_{LTOR}.....(3.8)

Jika W_{KELUAR}<W_e(1-P_{RT}), maka W_e = W_{KELUAR}.....(3.9)

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

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Sebagai pedoman untuk menentukan nilai W_A, W_{masuk}, W_{LTOR}, W_{KELUAR}untuk pendekat dengan pulau lalu lintas mau tanpa pulau lalu lintas dapat dilihat pada gambar 3.2. berikut ini :



Gambar 3.2. Pendekat dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas

(sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

3.3.3 Arus jenuh dasar

Arus jenuh dasar (S_o) 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 dibawah ini :

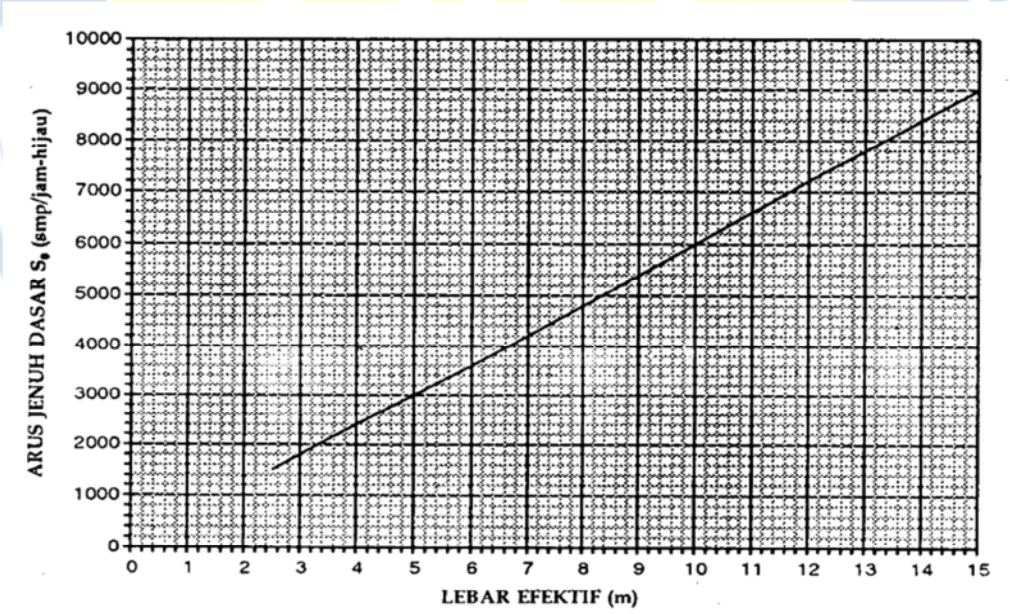
   S_o= 600 x W_e.....(3.10)

   Keterangan :

   S_o = Arus jenuh dasar (smp/jam hijau)

   W_e = Lebar pendekat (m)

   Atau dengan menggunakan gambar 3.3. Arus Jenuh Dasar untuk pendekat Tipe P dibawah ini :



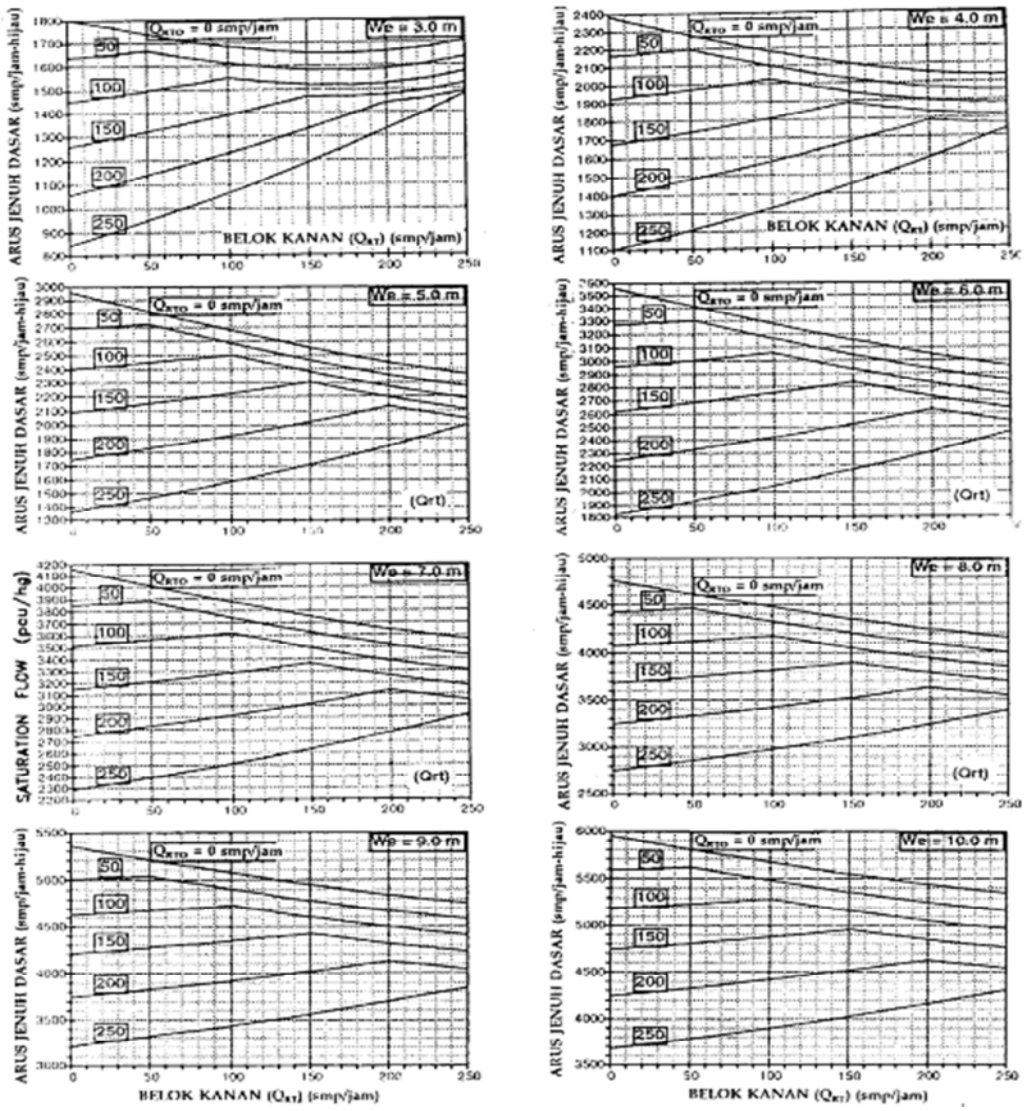
Gambar 3.3. Arus Jenuh Dasar untuk Pendekat Tipe P

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

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

   Arus jenuh dasar (S_o) ditentukan berdasarkan Gambar 3.4. (untuk pendekat tipe O tanpa jalur belok-kanan terpisah) dan Gambar 3.5. (untuk pendekat tipe O dengan jalur belok-kanan terpisah) sebagai berikut.

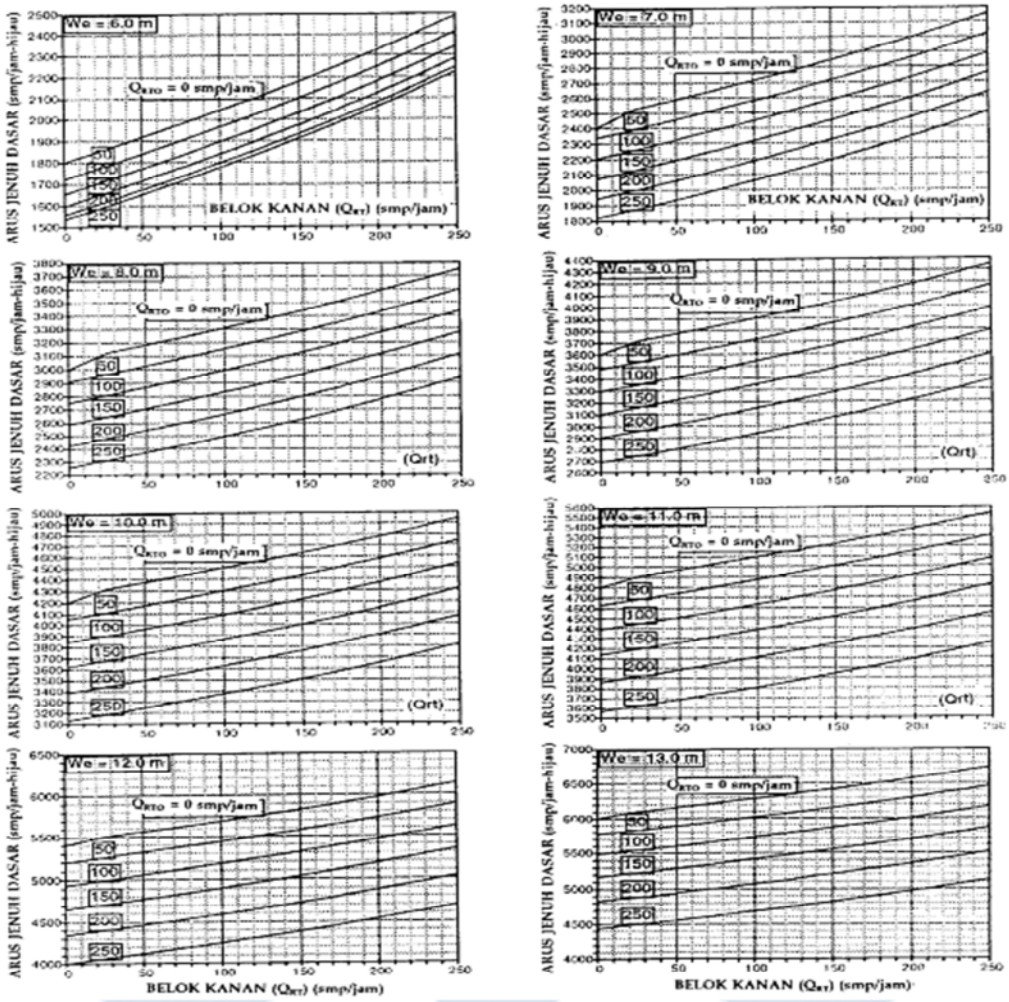
   Penentuan S_o untuk pendekat tipe O tanpa jalur belok kanan terpisah dapat dilihat pada Gambar 3.4. dibawah ini :



Gambar 3.4. Pendekat tipe O Tanpa Lajur Belok Kanan Terpisah

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Penentuan *So*untuk pendekat tipe O dengan lajur belok kanan terpisah dapat dilihat pada Gambar 3.5. dibawah ini :



Gambar 3.5. Pendekat Tipe O dengan Lajur Belok Kanan Terpisah

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

3.3.4 Faktor Penyesuaian

Penetapan Faktor penyesuaian untuk nilai arus jenuh dasar dipakai untuk kedua tipe pendekat *Protect* (*P*) dan *Opposed* (O), yaitu :

1. Faktor penyesuaian ukuran kota (*FCS*)

   Penentuan faktor penyesuaian ukuran kota (*FCS*) disajikan dalam tabel 3.2. berikut ini.

Tabel 3.2. 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
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 3.3. berikut ini.

Tabel 3.3. 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})

Jika hambatan samping tidak diketahui, dapat dianggap sebagai tinggi agar tidak menilai kapasitas terlalu besar. Faktor penyesuaian hambatan samping ditentukan dari tabel 3.4. dibawah ini,

Tabel 3.4. Faktor Penyesuaian untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{sf})

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	0,87	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
	"	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 3.5. berikut ini.

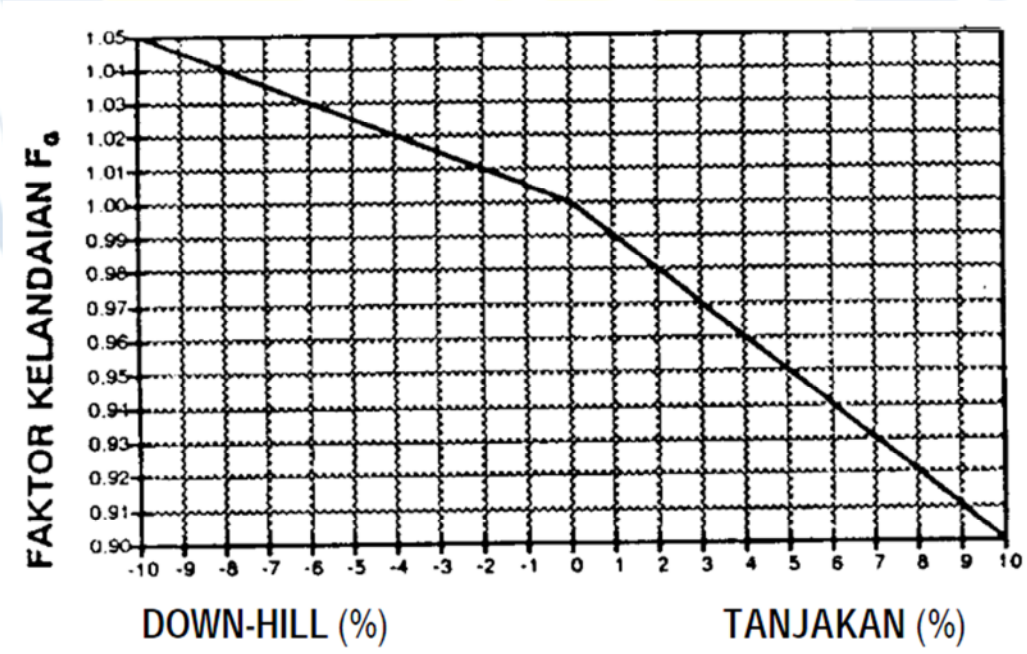
Tabel 3.5. Kelas Hambatan Untuk Jalan Perkotaan

Kelas Hambatan Samping (SFC)	Kode	Jumlah berbobot kejadian per 200 m per jam (dua sisi)	Kondisi khusus
Sangat rendah	VL	< 100	Daerah permukiman; jalan samping tersedia.
Rendah	L	100 - 299	Daerah permukiman; beberapa angkutan umum dsb.
Sedang	M	300 - 499	Daerah industri; beberapa toko sisi jalan.
Tinggi	H	500 - 899	Daerah komersial; aktivitas sisi jalan tinggi.
Sangat tinggi	VH	> 900	Daerah komersial; aktivitas pasar sisi jalan.

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

3. Faktor Kelandaian (*FG*)

Penentuan faktor kelandaian (*FG*) dapat dilihat pada Gambar 3.6. berikut ini.



Gambar 3.6. Faktor Penyesuaian untuk Kelandaian (*FG*)

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia)

4. Faktor penyesuaian Parkir (F_P)

Besarnya faktor penyesuaian dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut ini:

$F_P = [Lp/3 – (W_A – 2) \times (Lp/3 – g)/W_A]/g$.....(3.11)

Keterangan :

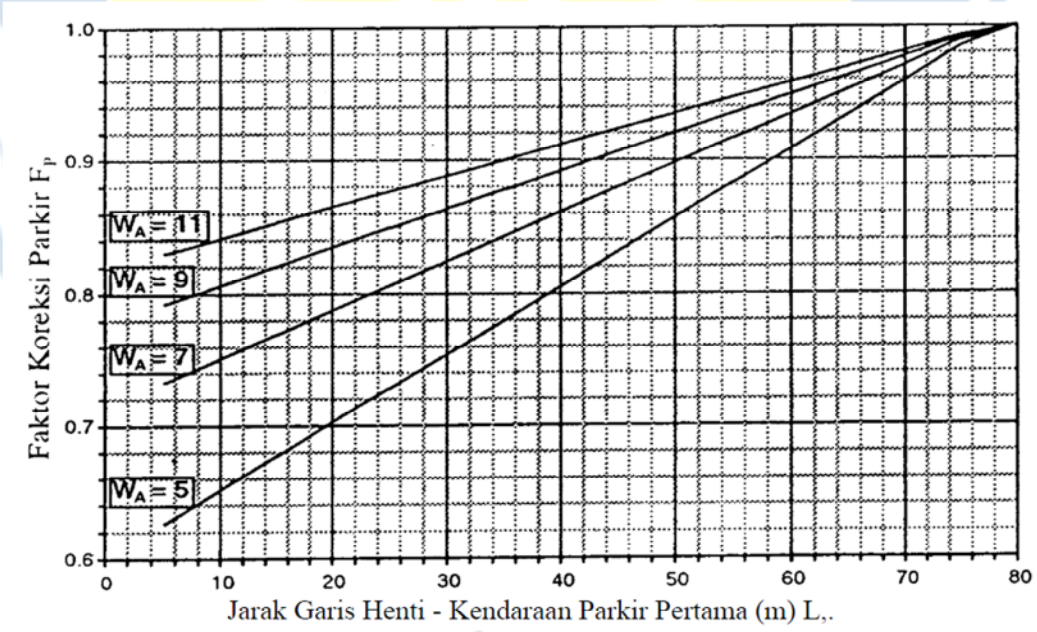
Lp = Jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m) atau panjang dari lajur pendek

W_A = Lebar pendekat (m)

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

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Penentuan besarnya faktor penyesuaian parkir (F_P) juga dapat ditentukan dari Gambar 3.7. dibawah ini :



Gambar 3.7. 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 belok 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 :

$$P_{RT} = Q_{RT}/Q_{TOT} \quad \text{.....(3.12)}$$

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 :

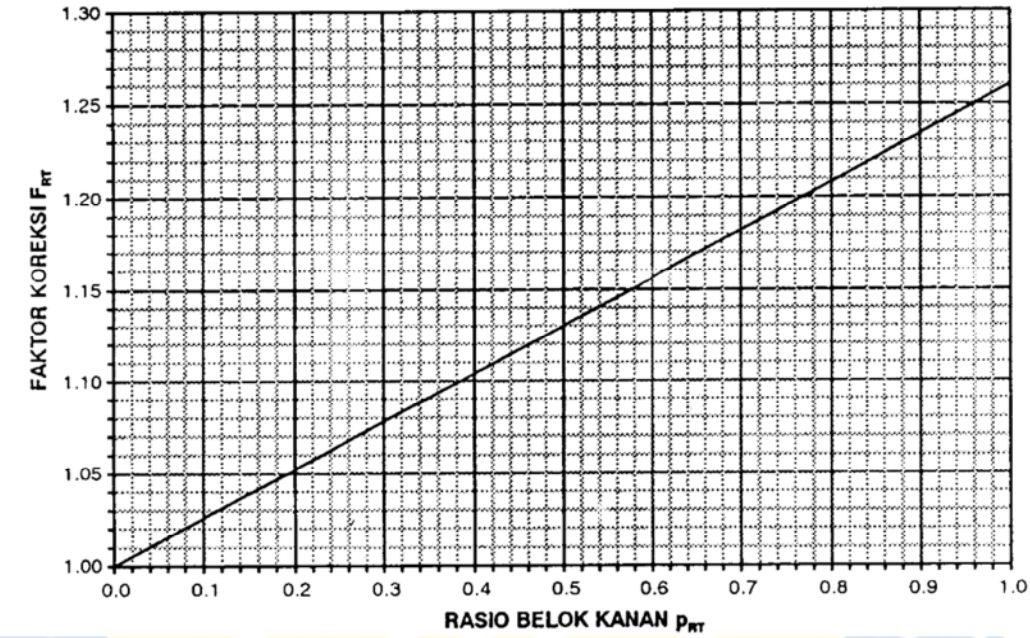
$$F_{RT} = 1{,}0 + (P_{RT} \times 0{,}26) \quad \text{.....(3.13)}$$

Keterangan :

F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan

P_{RT} = persentase belok kanan

Penentuan faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) dapat dicari dengan menggunakan Gambar 3.8. berikut ini.



Gambar 3.8. 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 :

$P_{LT} = Q_{LT}/Q_{TOT}$.....(3.14)

Keterangan :

P_{LT} = persentase belok kiri

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

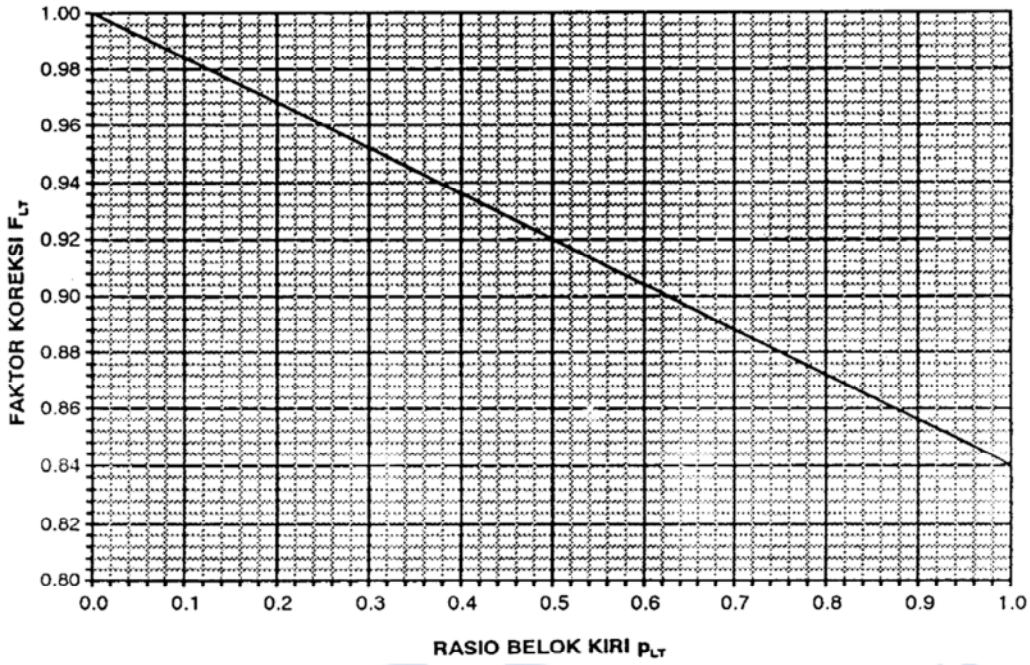
Q_{TOT} =jumlah total arus pada tiap pendekat (smp/jam)

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

F_{LT} =faktor penyesuaian belok kiri

P_{LT} = persentase belok kiri

Besarnya nilai penyesuaian belok kiri juga dapat diperoleh dari gambar 3.9. berikut ini.



Gambar 3.9. Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})

(sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

3.3.5 Perhitungan arus jenuh disesuaikan

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

$S = S_O x\ F_{CS} x\ F_{SF} x F_G x F_P x F_{RT} x F_{LT}$.....(3.16)

Keterangan :

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

S_O = arus jenuh dasar

F_{CS} = faktor penyesuaian ukuran kota

F_{SF} = faktor penyesuaian 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)

3.3.6 Rasio arus / arus jenuh

Rasio arus jenuh *(*flow *ratio)* yang terjadi pada tiap-tiap pendekat 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 :

$FR = Q/S$.....(3.17)

Keterangan :

FR = 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. Harga rasio jenuh terbesar pada setiap fase disebut rasio arus kritis (FR_{CRIT}), sedangkan penjumlahan dari FR_{CRIT}keseluruhan satu fase pada satu siklus dinamakan arus simpang (*IFR*).

$IFR = \sum(FR_{CRIT})$.....(3.18)

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

(*PR*) = FR_{CRIT}/ *IFR*.....(3.19)

(Sumber : Manual Kapasita Jalan Indonesia 1997)

3.3.7 Waktu siklus dan waktu hijau

1. Waktu siklus sebelum penyesuaian (C_{UA})

   Waktu siklus sebelum penyesuaian (C_{UA}) untuk pengendalian waktu tetap dihitung dengan rumus :

   C_{UA} = (1,5 x *LTI*+ 5) / (1-*IFR*).....(3.20)

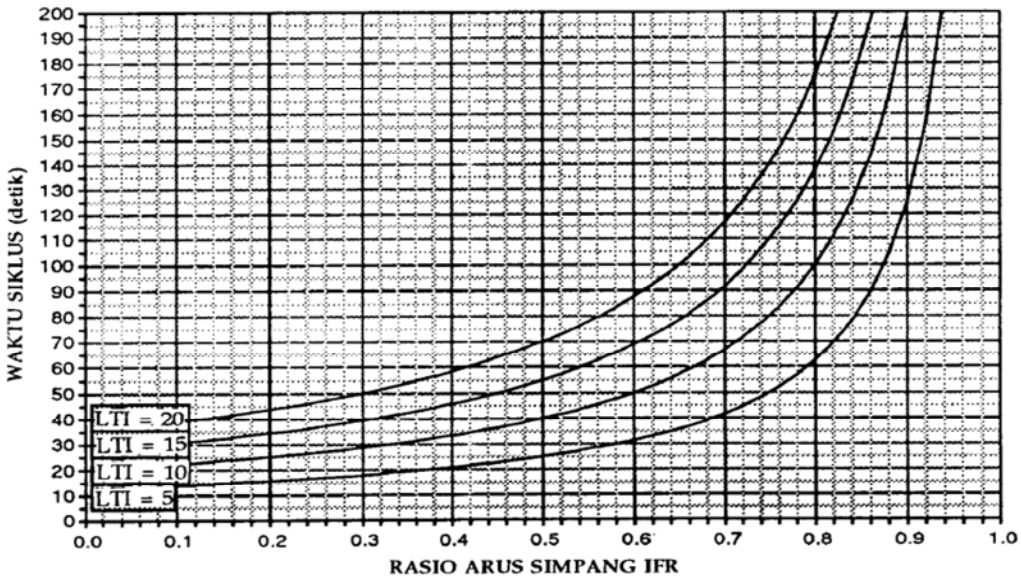
   Keterangan :

   C_{UA} = waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (dtk)

   LTI = waktu hilang total per siklus (dtk)

   IFR = rasio arus simpang $\sum(FR_{CRIT})$

   Penentuan waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (C_{UA}) juga dapat diperoleh dari Gambar 3.10. berikut ini.



Gambar 3.10. Penetapan 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*).....(3.21)

Untuk memperoleh waktu siklus optimal (*Co*), sebaiknya memperhatikan batasan-batasan yang dianjurkan dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut ini.

Tabel 3.6. Waktu Siklus yang Layak

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 siklu yang melebihi 130 detik harus dihindari kecuali 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 daripada batas yang disarankan, maka hal ini, menandakan bahwa kapasitas dari daerah simpang tersebut adalah tidak mencukupi.

2. Waktu hijau

Dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), waktu hijau adalah fase untuk kendali lalu lintas aktuasi kendaraan (det) yang dihitung dengan rumus :

$g_i = (C_{UA} - LTI) \times PR_i$ .....(3.22)

Keterangan :

g_i = tampilan waktu hijau pada fase I (dtk)

C_{UA} = waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (dtk)

LTI = waktu hilang total per siklus (dtk)

PR_i = rasio $FR_{CRIT}/\sum(FR_{CRIT})$

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

3. Waktu siklus yang disesuaikan

   Perhitungan waktu siklus yang disesuaikan (c) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

   $c = \sum g + LTI$.....(3.23)

   Keterangan :

   c = waktu siklus yang disesuaikan

   $\sum g$ = jumlah total waktu hijau (dtk)

   LTI = waktu hilang

3.3.8 Kapasitas

Kapasitas digunakan untuk menyatakan kemampuan jalan maupun simpang dan kondisi lalu lintas, dimana kapasitas diaplikasikan sebagai jumlah maksimum kendaraan atau orang yang dapat melintasi suatu titik maupun simpang pada periode waktu tertentu. Penentuan nilai kapasitas dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

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

Keterangan :

C = kapasitas (smp/jam)

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

G = waktu hijau (dtk)

c = waktu siklus disesuaikan (dtk)

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

$DS = Q / C$.....(3.25)

Setelah didapatkan nilai kapasitas (*C*) dan derajat kejenuhan (*DS*), rasio hijau (*GR*) dapat dihitung dengan rumus :

$GR = g / c$.....(3.26)

Keterangan :

GR = rasio hijau

G = waktu hijau

C = waktu siklu yang disesuaikan

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

3.4 Panjang Antrian

Panjang antrian yaitu jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (*NQ*) dihitung sebagai jumlah smp tersisa dari fase lampu hijau sebelumnya (*NQ1*) ditambah dengan jumlah smp yang datang selama fase merah (*NQ2*), dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$NQ = NQ1 + NQ2$.....(3.27)

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

$NQ1 = 0{,}25 \times C \times [\,(DS - 1) + \sqrt{(DS-1)^2 + \frac{8\,X\,(DS-0{,}5)}{C}}$.....(3.28)

Jika $DS > 0{,}5$ selain dari itu $NQ1 = 0$

Keterangan :

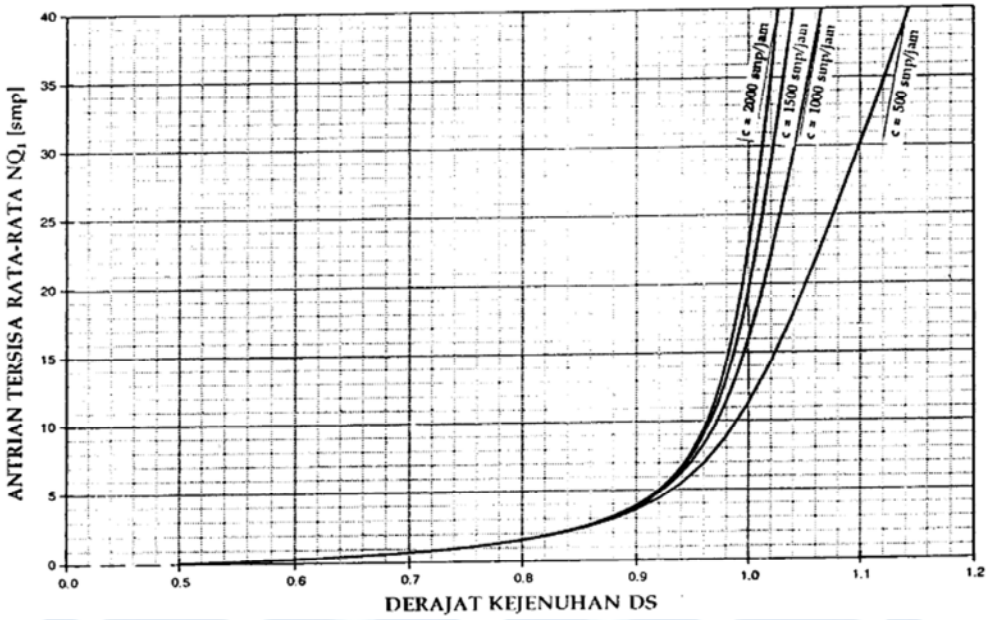
NQ1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau

C = kapasitas (smp/jam) = arus jenuh dikalikan rasio hijau (*S* x *GR*)

Atau dapat dicari dengan menggunakan Gambar 3.11. berikut ini :



Gambar 3.11 Jumlah Kendaraan Antri (smp) yang Tersisa dari Fase Hijau Sebelumnya (*NQ1*)

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Penentuan besarnya nilai jumlah antrian smp yang datang pada fase merah (*NQ2*), dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$NQ2 = c \times \frac{\quad}{\quad} \quad \frac{\quad}{\quad} \qquad (3.29)$$

Keterangan :

NQ2 = jumlah smp yang datang selama fase merah

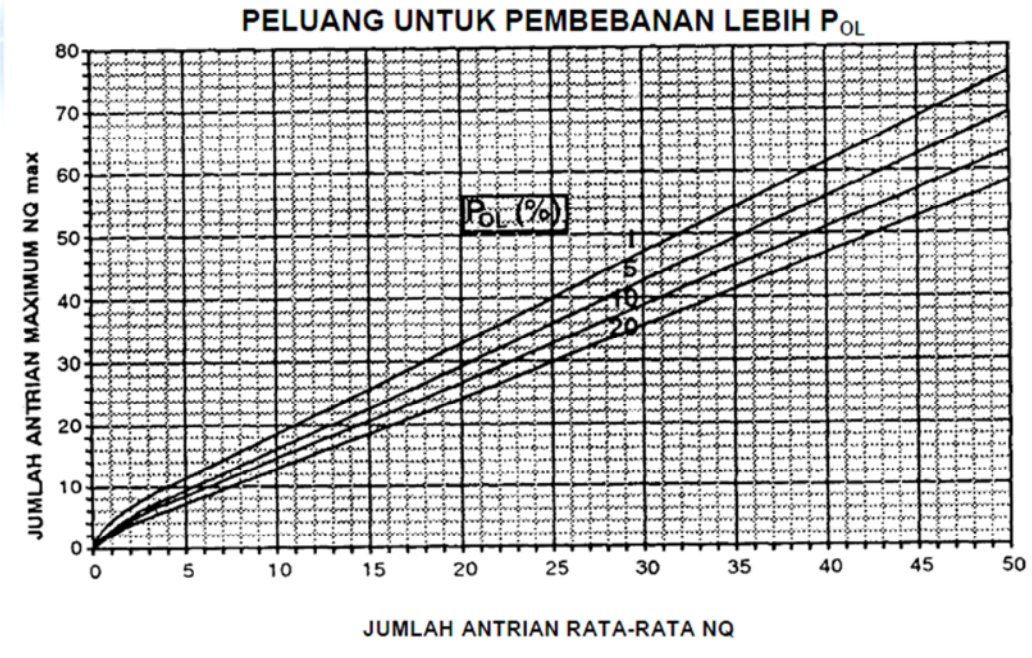
DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau

c = waktu siklus yang disesuaikan

Q_{masuk} = arus lalu lintas pada pendekat tersebut (smp/dtk)

Untuk menyesuaikan *NQ* dalam hal peluang yang dijinkan untuk terjadinya pembebanan lebih P_{OL} (%) dan NQ_{MAKS}. Untuk perancangan dan perencanaan disarankan $P_{OL} \leq$ 5%, untuk operasi suatu nilai P_{OL}= 5 – 10 % mungkin dapat diterima. Dapat dicari menggunakan Gambar 3.12. berikut ini.



Gambar 3.12. Perhitungan jumlah antrian (NQ_{MAKS}) dalam smp

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Dalam MKJI (1997), panjang antrian *QL* diperoleh dari perkalian *NQ* dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m^2) dan pembagian dengan lebar masuk seperti yang dirumuskan dibawah ini.

$$QL = \frac{NQ_{MAKS\ x20}}{Wmasuk} \quad \text{.....(3.30)}$$

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

3.5 Kendaraan Terhenti

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

$$NS = 0{,}9 \text{ x } \frac{NQ}{Q \text{ x } C} \text{ x } 3600 \quad \text{.....(3.31)}$$

Keterangan :

NS = angka henti

NQ =jumlah kendaraan yang antri pada suatu pendekat

C =waktu siklus yang disesuaikan

Q =arus lalu lintas (smp/jam)

Setelah besarnya nilai angka henti diketahui maka jumlah kendaraan terhenti (N_{SV}) masing-masing pendekat dapat dicari dengan rumus berikut ini :

$$N_{SV} = Q \text{ x } NS \quad \text{.....(3.32)}$$

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 dapat dihitung dengan rumus :

$$NS_{TOT} = \sum N_{SV} / Q_{TOT} \quad \text{.....(3.33)}$$

3.6 Tundaan

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

Tundaan terbagi menjadi dua yaitu :

1. Tundaan lalu lintas (*DT*) adalah waktu menunggu yang disebabkan interaksi lalu lintas dengan gerakkan lalu lintas yang bertentangan.

   Besarnya tundaan lalu lintas (*DT*), dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini :

   $DT = c \times A + \frac{NQ1 \; x \; 3600}{c}$ .....(3.34)

   Keterangan :

   DT = tundaan lalu lintas rata-rata (dtk/smp)

   c = waktu siklus yang disesuaikan (dtk)

   A = $\frac{0{,}5 \; x \; (1-GR)^2}{1-GR \; x \; DS}$ .....(3.35)

   GR = rasio hijau = (*g/c)*

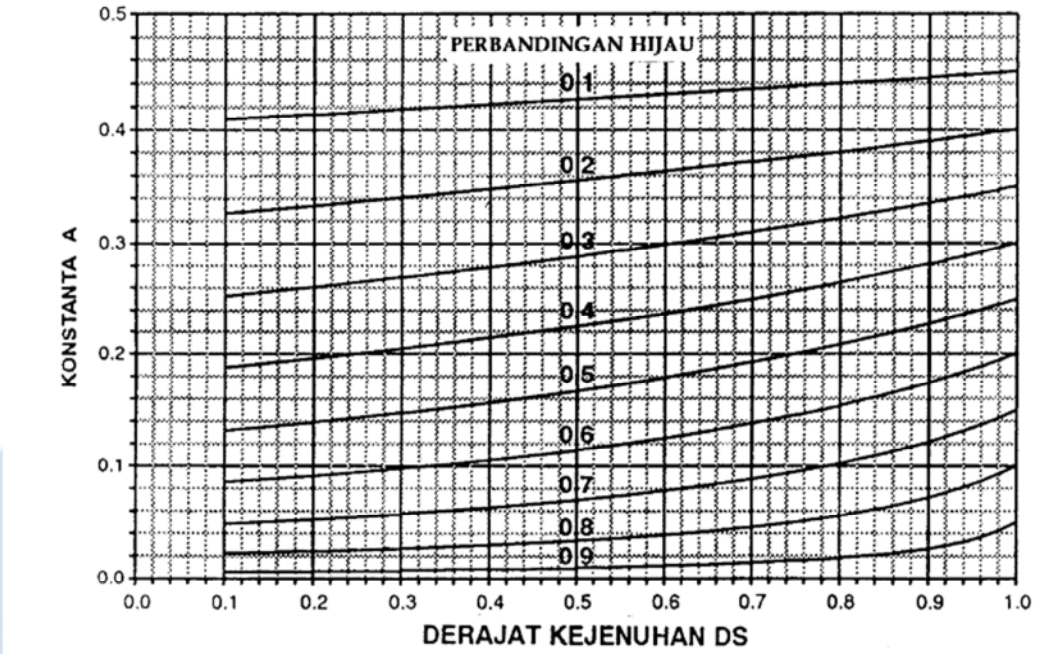
   DS = derajat kejenuhan

   NQ1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

   C = Kapasitas (smp/jam)

   (Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Penetapan tundaan lalu lintas (*DT*) dapat dicari dengan Gambar 3.13. berikut ini.



Gambar 3.13.Penetapan tundaan lalu-lintas rata-rata (*DT*)

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

2. Tundaan geometri (*DG*)

Tundaan geometri (*DG*) disebabkan karena perlambatan dan percepatan kendaraan yang membelok pada persimpangan dan atau yang berhenti oleh lampu merah.

Tundaan geometri (*DG*) rata-rata pada masing-masing pendekat akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu bidang simpang atau ketika dihentikan oleh lampu merah.

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

$DG_J = (1 - P_{SV}) \; x \; P_r \; x \; 6 \; x \; (P_{SV} \; x \; 4)$ .....(3.36)

Keterangan :

DG_j = tundaan geometrik rata-rata untuk pendekat *j*(det/smp)

P_{SV} = rasio kendaraan terhenti pada pendekat = *Min* (*NS*,1)

P_r = rasio kendaraan berbelok pada pendekat

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

$D = DT + DG$ .....(3.37)

$DG_{TOT} = D \times Q$ .....(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 :

$DI = \Sigma(D \times Q) / Q_{TOT}$.....(3.39)

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Tundaan rata-rata digunakan sebagai indicator 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 (dtk/smp)
A	≤ 5,0
B	5,1 – 15,0
C	15,1 – 25,0
D	25,1 – 40,0
E	40,1 – 60,0
F	≥ 60,1