

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Simpang Bersinyal

Simpang empat Gondosuli terletak di Jalan Mojo-Jalan Gondosuli-Jalan Suprpto-Jalan Melati Wetan kecamatan Gondokusuman Yogyakarta. Simpang empat Gondosuli ini berada disebelah timur stasiun kereta api Lempuyangan dan di bagian utara simpang ini terdapat jalur kereta api yang letaknya cukup dekat dari simpang Gondosuli tersebut.

Stasiun Lempuyangan ini merupakan salah satu tempat transit bagi masyarakat dari berbagai daerah baik itu masuk atau keluar dari kota Yogyakarta. Berikut adalah jalur lalu lintas pada simpang tersebut:

1. Arah utara adalah Jalan Mojo jalur menuju ke Jalan Solo atau bisa juga jalur ke kampus UIN Sunan Kalijaga jika dari arah Lempuyangan dan sekitarnya.
2. Arah timur adalah Jalan Melati Wetan jalur menuju ke kampus APMD dan Jalan Timoho.
3. Arah selatan adalah Jalan Gondosuli jalur yang menuju ke arah balai kota atau ke Mandala Krida.
4. Arah barat adalah Jalan Suprpto jalur menuju ke arah stasiun kereta api Lempuyangan. Simpang empat pada penelitian ini menggunakan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas yaitu lampu (APILL) untuk mengatur lalu lintas di lokasi simpang empat Gondosuli.

Kondisi Keempat lengan tersebut memiliki pengaturan lampu apill yang sama yaitu pada saat lampu merah semua lengan tidak mengambil belok kiri, artinya belok kiri ikuti lampu apill, namun keempat lengan ini juga dapat mengatur lalu lintas yang sama baik menuju arah belok kiri lurus maupun belok kanan.

3.1.1. Geometrik

Perhitungan dikerjakan secara terpisah untuk setiap pendekat. Satu lengan simpang dapat terdiri lebih dari satu pendekat, yaitu dipisahkan menjadi dua atau lebih sub-pendekat. Hal ini terjadi jika gerakan belok-kanan atau belok-kiri mendapat sinyal hijau pada fase yang berlainan dengan lalu lintas yang lurus, atau jika dipisahkan secara fisik dengan pulau-pulau lalu lintas dalam pendekat. Untuk masing-masing pendekat atau sub-pendekat lebar efektif (W_c) ditetapkan dengan mempertimbangkan denah dari bagian masuk dan keluar suatu simpang dan distribusi dari gerakan-gerakan membelok.

3.1.2. Arus lalu lintas

Data lalu lintas dibagi dalam tipe-tipe kendaraan tidak bermotor (UM), sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV), dan kendaraan berat (HV). Dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, kendaraan bermotor dikategorikan sebagai hambatan samping. Arus lalu lintas tiap approach dibagi dalam tiap-tiap pergerakan, antara lain : gerakan belok kanan (QRT), gerakan belok kiri (QLT), dan lurus (QST). Gerakan belok kiri pada saat lampu merah (left turn of red,

LTOR) diijinkan jika mempunyai lebar approach yang cukup sehingga dapat melintasi antrian pada kendaraan yang lurus dan belok kanan.

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

Arus lalu-lintas (Q) untuk setiap gerakan (belok kiri QLT, lurus QST dan belok-kanan QRT) dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan terlindung dan terlawan.

Tabel 3.1. Ekivalensi Kendaraan Penumpang (emp)

Jenis Kendaraan	emp Untuk Tipe Pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1	1
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda motor (MC)	0,2	0,4

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Perhitungan untuk masing-masing rasio kendaraan yang membelok ke kiri dan ke kanan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_{LT} = \frac{Q_{LT}}{Q_{Total}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

P_{LT} = rasio belok kiri.

Q_{LT} = arus lalu lintas belok kiri (smp/jam).

Q_{total} = arus lalu lintas total (smp/jam).

$$P_{RT} = \frac{Q_{RT}}{Q_{total}} \dots \dots \dots (3.2)$$

Keterangan:

P_{RT} = rasio belok kanan.

Q_{RT} = arus lalu lintas belok kanan (smp/jam).

Q_{total} = arus lalu lintas total (smp/jam).

Rasio kendaraan bermotor dapat dihitung menggunakan rumus:

$$P_{UM} = \frac{Q_{UM}}{Q_{MV}} \dots \dots \dots (3.3)$$

Keterangan:

P_{UM} = rasio tidak bermotor.

Q_{UM} = arus kendaraan tidak bermotor (kendaraan/jam).

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

3.2. Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang

Dalam menganalisa operasional dan perencanaan, diperlukan untuk membuat suatu perhitungan rinci waktu antar hijau untuk waktu pengosongan dan waktu hilang. Pada analisa yang dilakukan bagi keperluan perancangan, waktu antar hijau dapat dianggap sebagai nilai normal.

Tabel 3.2. Nilai Normal Waktu Antara Hijau

Ukuran Simpang	Lebar Jalan Rata-rata	Nilai Normal Waktu Antar Hijau
Kecil	6-9 m	4 det per fase
Sedang	10-14 m	5 det per fase
Ringan	≥ 15 m	≥ 6 det per fase

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

$$CT = \frac{L_{EV} + I_{EV}}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \quad MAX \dots \dots \dots (3.4)$$

Keterangan:

CT = waktu merah semua (detik).

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

I_{EV} = panjang kendaraan yang berangkat (m).

V_{EV} , V_{AV} = kecepatan masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan datang (m/detik).

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

1. Kecepatan kendaraan yang datang

$V_{AV} = 10$ m/detik (kendaraan bermotor).

2. Kecepatan kendaraan yang berangkat (V_{EV})

a. 10 m/detik (kendaraan bermotor).

b. 3 m/detik (kendaraan tak bermotor).

c. 1,2 m/detik (pejalan kaki.)

3. Panjang kendaraan yang berangkat (I_{EV}).

a. 5 m (LV atau HV).

b. 2 m (MC atau UM).

Apabila periode merah semua untuk masing-masing akhir fase telah ditetapkan, waktu hilang untuk simpang dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu-waktu antar hijau:

$$LTI = \sum (\text{merah semua} + \text{kuning})_i = \sum IG \dots \dots \dots (3.5)$$

Keterangan:

LTI = waktu hilang total per siklus (detik).

IG = waktu antar hijau (detik).

Panjang waktu kuning pada sinyal lalu lintas perkotaan di Indonesia biasanya adalah 3.0 detik.

3.3. Tipe Pendekat

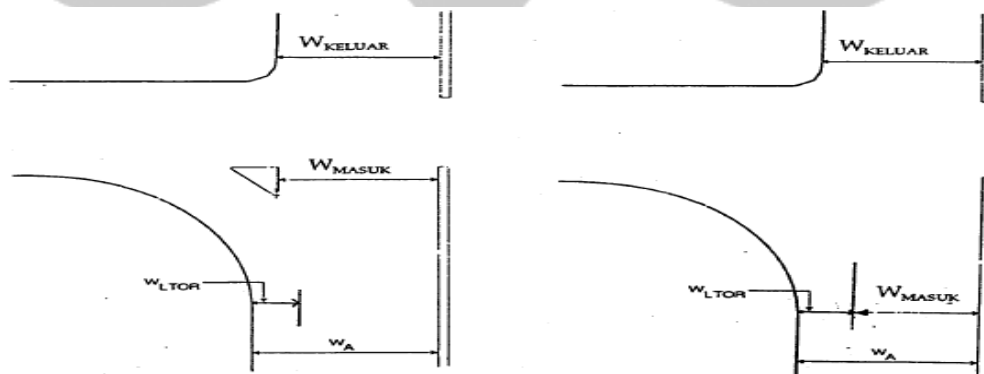
Tipe pendekat ditentukan dari jalan yang diteliti. Tipe pendekat dibedakan menjadi dua, yaitu Tipe pendekat P (terlindung) dan tipe pendekat O (terlawan). Pada tipe pendekat terlindung P arus berangkat tanpa konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan. Gerakan bisa berasal dari jalan satu dan dua arah. Pada jalan dua arah gerakan belok kanan terbatas. Tipe pendekat terlawan O arus berangkat dengan konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan. Gerakan hanya terjadi pada jalan dua arah dan gerakan belok kanan tidak terbatas.

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		
		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

3.4. Lebar Pendekat Efektif

Lebar efektif dari setiap pendekat dicari berdasar informasi tentang lebar pendekat, lebar masuk, dan lebar keluar. Lebar efektif sangat bergantung pada pengaturan arus belok kiri dan kondisi geometrik. Penentuan lebar efektif untuk tipe pendekatan dengan LTOR dapat diperoleh dengan 2 (dua) cara, yaitu:



Gambar 3.2. Pendekat Dengan dan Tanpa Pulau lalu lintas

1. Jika $W_{L\text{TOR}} \geq 2m$, dengan anggapan kendaraan LTOR dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan dalam pendekat selama sinyal merah.

a. $Q_{L\text{TOR}}$ dikeluarkan dari hitungan, sehingga

$$Q = Q_{ST} + Q_{RT} \dots \dots \dots (3.6)$$

Dengan lebar pendekat efektif adalah:

$$W_e = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} W_A - W_{L\text{TOR}} \\ W_{\text{masuk}} \end{array} \right. \dots \dots \dots (3.7)$$

Keterangan :

Q = arus lalu lintas (smp/jam).

Q_{ST} = arus lalu lintas lurus (smp/jam).

Q_{RT} = arus lalu lintas belok kanan (smp/jam).

$Q_{L\text{TOR}}$ = arus lalu lintas belok kiri langsung (smp/jam).

W_e = lebar efektif (m).

W_A = lebar pendekat (m).

$W_{L\text{TOR}}$ = lebar belok kiri langsung (m).

b. Periksa lebar keluar (hanya untuk pendekat tipe P)

2. Jika $W_{\text{keluar}} < W_e \times (1 - P_{RT})$, W_e sebaiknya diberi nilai baru sama dengan, dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalu lintas lurus saja ($Q = Q_{ST}$).

3. $W_{L\text{TOR}} < 2m$, dengan anggapan kendaraan LTOR tidak dapat mendahului antrian kendaraan lainnya dalam pendekat selama sinyal merah.

a. Sertakan $Q_{L\text{TOR}}$ pada hitungan

$$W_e = \text{Min} \begin{cases} W_A \\ W_{\text{MASUK}} + W_{L\text{TOR}} \dots \dots \dots (3.8) \\ W_A \times (1 + P_{L\text{TOR}}) - W_{L\text{TOR}} \end{cases}$$

Keterangan :

W_e : lebar efektif (m).

W_A : lebar pendekat (m).

W_{masuk} : lebar masuk (m).

$W_{L\text{TOR}}$: lebar belok kiri langsung (m).

$P_{L\text{TOR}}$: rasio kendaraan belok kiri langsung.

b. Periksa lebar keluar (hanya untuk pendekat tipe P)

Jika $W_{\text{keluar}} < W_e \times (1 - P_{RT} - P_{L\text{TOR}})$, W_e sebaiknya diberi nilai baru yang sama dengan W_{keluar} , dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalu lintas lurus saja ($Q = Q_{ST}$).

Keterangan :

W_e : lebar efektif (m).

W_{keluar} : lebar keluar (m).

Q : arus lalu lintas (smp/jam).

Q_{ST} : arus lalu lintas lurus (smp/jam).

3.5. Arus Jenuh

Arus jenuh (S) dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S_0) yaitu arus jenuh pada keadaan standar, dengan faktor penyesuaian (F)

untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi yang telah ditetapkan sebelumnya.

3.5.1. Arus jenuh dasar

Untuk menghitung arus jenuh dasar menggunakan rumus :

$$S_O = 600 \times W_e \dots\dots\dots(3.9)$$

Keterangan :

S_O : arus jenuh dasar (smp/jam hijau).

W_e : lebar efektif (m).

3.5.2. Arus jenuh yang disesuaikan

Nilai arus jenuh yang disesuaikan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S = S_O \times F_{cs} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \dots\dots\dots(3.10)$$

Keterangan :

S : arus jenuh (smp/jam hijau).

S_O : arus jenuh dasar (smp/jam hijau).

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.

3.6. Faktor Penyesuaian

Pada perhitungan faktor penyesuaian untuk nilai arus jenuh dasar meliputi faktor penyesuaian ukuran kota, hambatan samping, kelandaian, dan parkir. Setelah diperoleh itu semua kemudian ditentukan faktor untuk belok kanan dan belok kiri untuk pendekatan tipe P (*protected*) atau pendekatan tipe O (*opposed*).

3.6.1. Faktor penyesuain ukuran kota

Tabel 3.3. Penyesuain Ukuran Kota (Fcs)

Penduduk Kota (juta jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)
> 3,0	1,05
1,0 - 3,0	1
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 kelas ukuran kota menurut Direktorat Jendral Bina Marga dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997) adalah seperti dibawah ini:

Tabel 3.4. Kelas Ukuran Kota (CS)

Penduduk Kota (juta jiwa)	Kelas Ukuran Kota (CS)
> 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*

3.6.2. Faktor penyesuaian hambatan samping

Faktor penyesuaian hambatan samping diperoleh dari tabel sebagai fungsi dari tipe lingkungan jalan, tingkat hambatan samping, dan rasio kendaraan tidak bermotor.

Tabel 3.5. Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{SF})

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor Fsp					
			0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	$\geq 0,25$
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0.93	0.88	0.84	0.79	0.74	0.70
		Terlindung	0.93	0.91	0.88	0.87	0.85	0.81
	Sedang	Terlawan	0.94	0.89	0.85	0.80	0.75	0.71
		Terlindung	0.94	0.92	0.89	0.88	0.86	0.82
	Rendah	Terlawan	0.95	0.90	0.86	0.81	0.76	0.72
		Terlindung	0.95	0.93	0.90	0.89	0.87	0.83
Pemukiman	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/	Terlawan	1.0	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75
	Sedang/ Rendah	Terlindung	1.0	0.96	0.95	0.93	0.90	0.88

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Tingkat hambatan samping dikelompokkan menjadi lima kelas yang dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

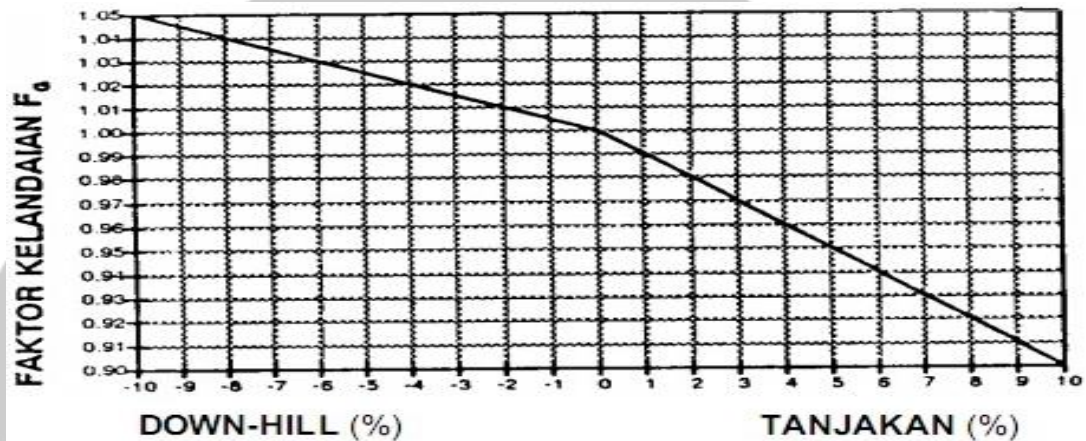
Tabel 3.6. Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan Samping (SFC)	Kode	Jumlah Berbobot per 200 meter per jam (2 sisi)	Kondis Khusus
Sangat Rendah	VL	<100	Daerah pemukiman; jalan samping tersedia.
Rendah	L	100 - 299	Daerah pemukiman; beberapa angkutan umum dan sebagainya.
Sedang	M	300 - 499	Daerah industri; beberapa toko di sisi jalan.
Tinggi	H	500 - 899	Daerah komersial; aktifitas disisi jalan tinggi
Sangat Tinggi	VH	>900	Daerah komersial; aktifitas pasar disisi jalan

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

3.6.3. Faktor penyesuaian kelandaian

Faktor penyesuaian kelandaian (F_G) didapat dari grafik yang memuat faktor kelandaian (F_G) dan tanjakan (%). Untuk kelandaian 0% (F_G) = 1.



Gambar 3.3. Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G)

3.6.4. Faktor penyesuaian parkir

Faktor penyesuaian pengaruh parkir didapat dari grafik yang memuat fungsi jarak dari garis henti sampai kendaraan yang parkir pertama dan lebar pendekat. Selain itu faktor parkir ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$F_p = \frac{\frac{L_p}{3 - W_A - 2x \frac{L_p}{3-g}}}{g} \dots \dots \dots (3.11)$$

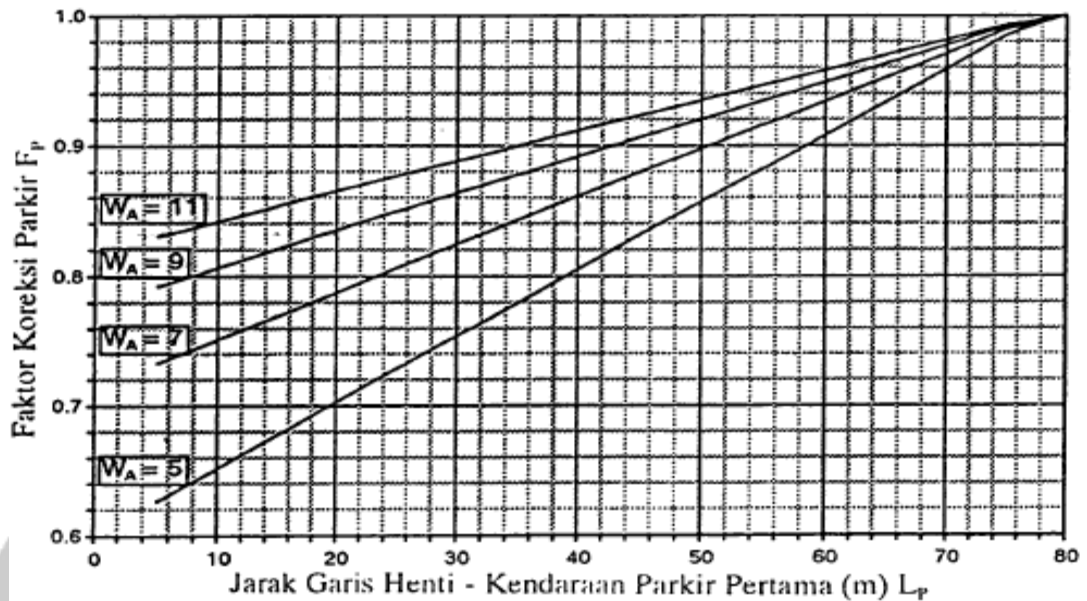
Keterangan :

F_p : faktor penyesuaian parkir.

L_p : jarak antara garis henti dan kendaraan yang di parkir pertama (m).

W_A : lebar pendekat (m).

G : waktu hijau *approach* (detik).



Gambar 3.4. Faktor Penyesuaian untuk Pengaruh Parkir dan Lajur Belok Kiri yang Pendek (F_p)

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

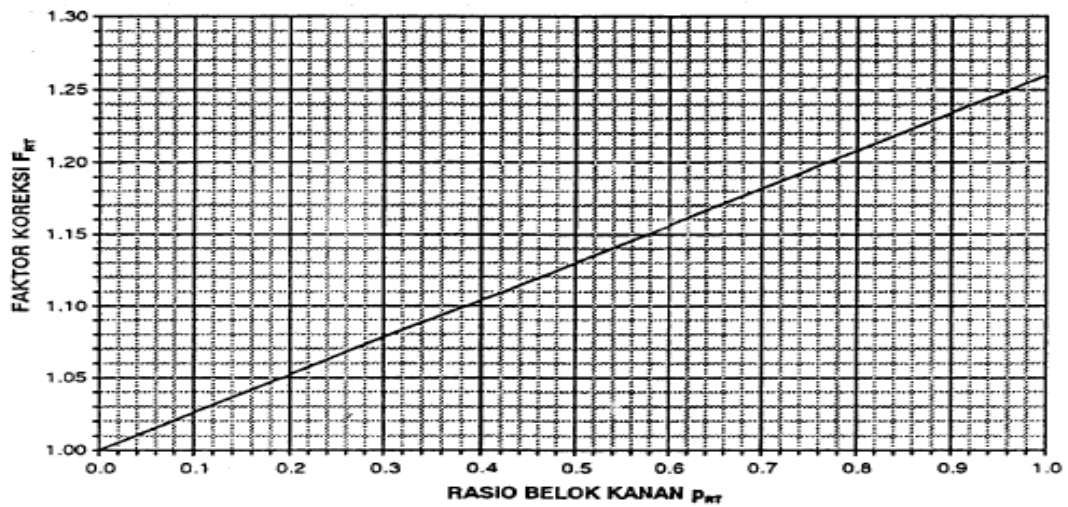
Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) hanya berlaku untuk pendekatan tipe P, jalan dua arah, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Faktor penyesuaian belok kanan juga bisa didapat dengan menggunakan rumus:

$$F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \times 0,26 \dots \dots \dots (3.12)$$

Keterangan :

F_{RT} : faktor penyesuaian belok kanan.

P_{RT} : rasio belok kanan.



Gambar 3.5. Faktor Penyesuaian untuk Belok Kanan (F_{RT})

3.6.6. Faktor penyesuaian belok kiri

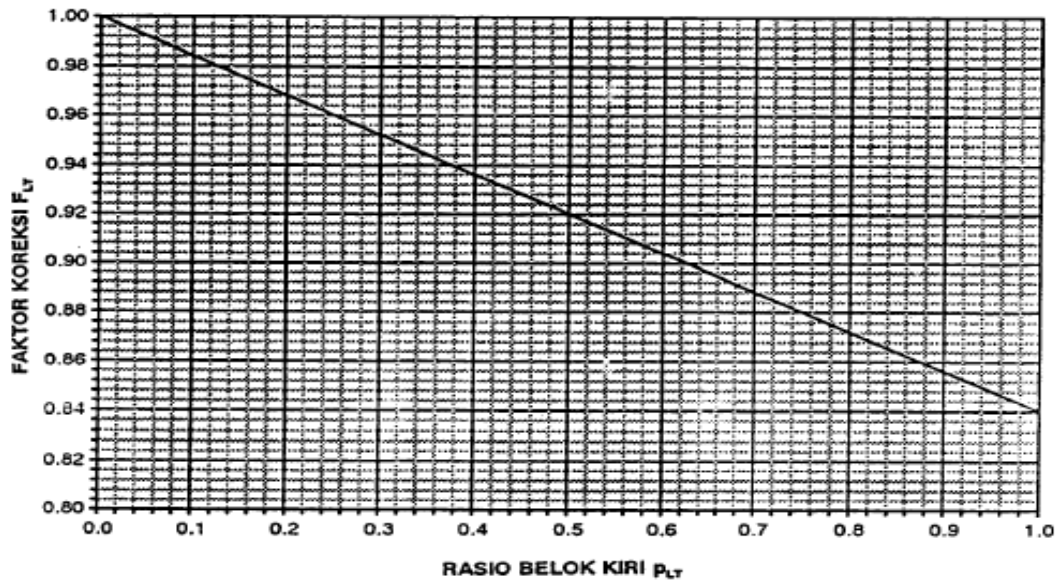
Faktor penyesuaian belok kiri hanya berlaku untuk pendekatan tipe P tanpa belok kiri langsung, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Faktor penyesuaian belok kiri dapat diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$F_{LT} = 1,0 - P_{LT} \times 0,16 \dots \dots \dots (3.13)$$

Keterangan :

F_{LT} : faktor penyesuaian belok kiri.

P_{LT} : rasio belok kiri.



Gambar 3.6. Faktoe Penyesuaian untuk Belok Kiri (F_{LT})

3.7. Rasio Arus dan Arus Jenuh

Perhitungan perbandingan arus dengan arus jenuh dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$FR = \frac{Q}{S} \dots\dots\dots(3.14)$$

Keterangan :

- FR : rasio arus.
- Q : arus lalu lintas (smp/jam).
- S : arus jenuh (smp/jam).

Untuk menghitung arus simpang didapat dengan menggunakan rumus :

$$IFR = \Sigma FR_{CRIT} \dots\dots\dots(3.15)$$

Keterangan :

- IFR : rasio arus simpang.
- FR_{CRIT} : rasio arus kritis.

Perhitungan rasio fase adalah rasio antara rasio arus kritis dengan rasio arus simpang.

$$PR = \frac{FR_{CRIT}}{IFR} \dots\dots\dots(3.16)$$

Keterangan :

PR : rasio fase.

FR_{CRIT} : rasio arus kritis.

IFR : rasio arus simpang.

3.8. Waktu Siklus dan Waktu Hijau

3.8.1. Waktu siklus sebelum penyesuaian

Waktu siklus sebelum penyesuaian dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$C_{ua} = 1,5 \times LTI + 5 (1-IFR) \dots\dots\dots(3.17)$$

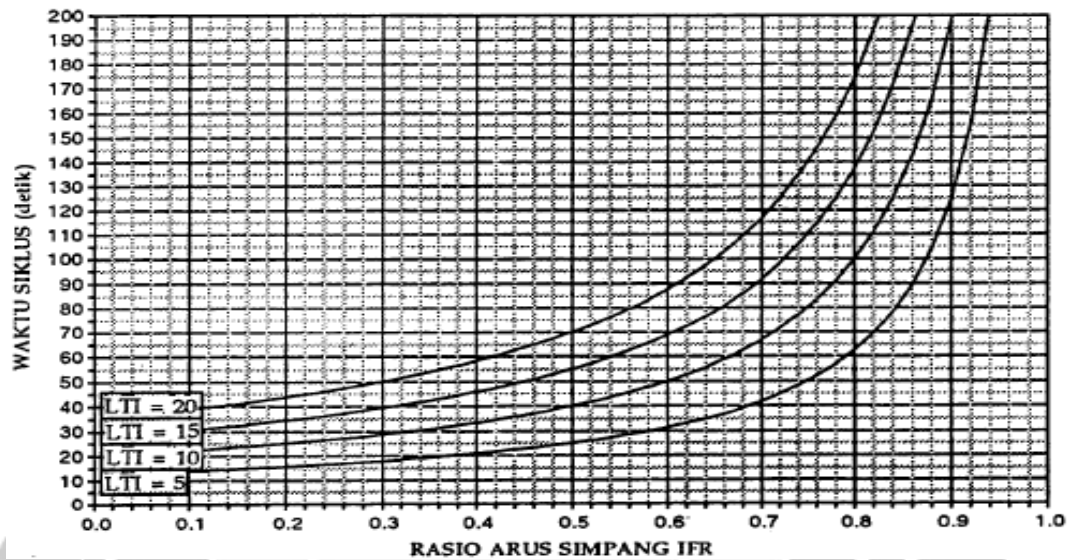
Keterangan :

C_{ua} : waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (detik).

LTI : waktu hilang total per siklus (detik).

IFR : rasio arus simpang.

Waktu siklus sebelum penyesuaian juga dapat diperoleh dari grafik di bawah ini :



Gambar 3.7. Rasio Arus Simping (IFR)

3.8.2. Waktu hijau

Waktu Hijau untuk masing-masing fase dapat dihitung dengan rumus:

$$g_i = C_{ua} - LTI \times PR_i \dots \dots \dots (3.18)$$

Keterangan :

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

C_{ua} : waktu siklus sebelum penyesuaian (detik).

LTI : waktu hilang total per siklus (detik).

PR_i : rasio fase $FR_{crit} / \sum FR_{crit}$.

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

3.8.3. Waktu siklus yang disesuaikan

Waktu siklus ini berdasarkan pada pembulatan waktu hijau yang diperoleh dan waktu hilang. Waktu siklus yang disesuaikan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C = \Sigma g + LTI \dots \dots \dots (3.19)$$

Keterangan :

C : waktu hijau yang disesuaikan (detik)

g : waktu hijau (detik)

LTI : waktu hilang total per siklus (detik)

3.9. Kapasitas

Kapasitas adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu atau dengan kata lain kapasitas jalan secara umum menunjukkan jumlah maksimum kendaraan yang melintasi suatu penampang dalam satu kesatuan waktu tertentu. Biasanya dinyatakan dalam kendaraan/jam atau smp/jam.

Kapasitas pada simpang bersinyal dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$C = S x \frac{g}{c} \dots \dots \dots (3.20)$$

$$c = \frac{(1,5 x LTI + 5)}{(1 - \Sigma FR_{crit})} \dots \dots \dots (3.21)$$

Keterangan :

C : kapasitas (smp/jam)

S : arus jenuh (smp/jam hijau)

g : waktu hijau (detik)

c : waktu siklus sinyal (detik)

ΣFR_{crit} : rasio arus simpang

LTI : waktu hilang total per siklus (detik)

3.10. Derajat Kejenuhan

Nilai derajat kejenuhan yaitu rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekatan. Derajat kejenuhan pada simpang bersinyal dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$DS = \frac{Q}{C} = \frac{(Q \times c)}{(S \times g)} \dots \dots \dots (3.22)$$

Keterangan :

DS : derajat kejenuhan.

Q : arus lalu lintas (smp/detik)

C : kapasitas (smp/jam)

S : arus jenuh (smp/jam hijau)

g : waktu hijau (detik)

c : waktu siklus per sinyal (detik)

3.11. Panjang Antrian

Dari hasil perhitungan derajat kejenuhan dapat digunakan untuk menghitung jumlah antrian yang tersisa dari fase hijau sebelumnya.

Untuk nilai $DS > 0,50$

$$C = S \times GR \dots \dots \dots (3.23)$$

$$NQ_l = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right] \dots \dots \dots (3.24)$$

Jika $DS \leq 0,5$ maka, $NQ_1 = 0$

Keterangan :

NQ_1 : jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS : derajat kejenuhan

C : kapasitas (smp/jam)

S : arus jenuh (smp/jam)

GR : rasio hijau

Perhitungan jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2) adalah dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \dots \dots \dots (3.25)$$

$$GR = \frac{g}{c} \dots \dots \dots (3.26)$$

Keterangan :

NQ_2 : jumlah smp yang datng selama fase merah

DS : derajat kejenuhan

GR : rasio hijau

c : waktu siklus (detik)

Q : arus lalu lintas pada tempat masuk diluar LTOR (smp/jam)

Jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ) dihitung sebagai jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ_1) ditambah jumlah smp yang datng selama fase merah (NQ_2).

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots \dots \dots (3.27)$$

Keterangan :

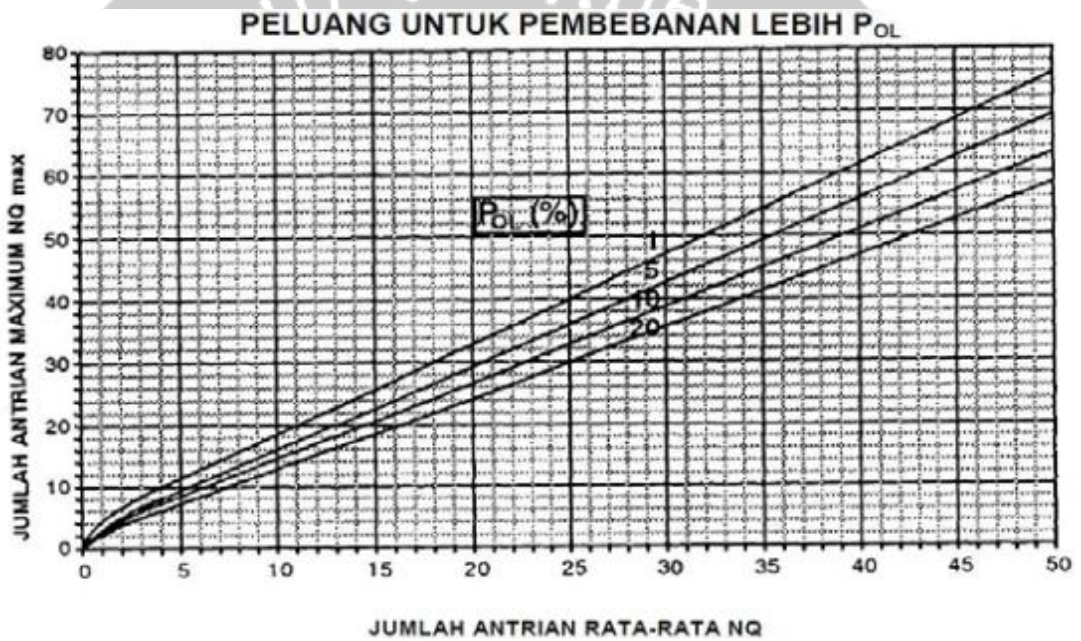
NQ : jumlah panjang antrian total

NQ_1 : jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

NQ_2 : jumlah smp yang datang selama fase merah

Panjang antrian (QL) diperoleh dari perkalian (NQ) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m²) dan pembagian dengan lebar masuk.

$$QL = NQ_{max} \times \frac{20}{W_{masuk}} \dots \dots \dots (3.28)$$



Gambar 3.8 Perhitungan Jumlah Antrian (NQ_{max}) dalam smp

3.12. Angka Henti

Angka henti (NS), yaitu jumlah berhenti rata-rata per kendaraan termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu simpang, dihitung sebagai berikut:

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q_{xc}} \times 3600 \dots \dots \dots (3.29)$$

Keterangan :

NS : angka henti

NQ : jumlah panjang antrian total

Q : arus lalu lintas (smp/detik)

C : waktu siklus yang ditentukan (detik)

3.13. Tundaan

Tundaan pada suatu simpang dapat terjadi karena dua hal:

1. Tundaan lalu lintas (DT) karena interaksi lalu lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang.

$$DT = c \times \frac{0,5 \times 1 - GR^2}{1 - GR \times DS} + \frac{NQ_1 \times 3600}{c} \dots \dots \dots (3.30)$$

Keterangan :

DT : tundaan lalu lintas rata-rata (detik/smp).

GR : rasio hijau (g/c).

DS : derajat kejenuhan.

C : kapasitas (smp/jam).

NQ₁: jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya.

2. Tundaan geometrik (DG) karena perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan/atau terhenti karena lampu merah.

$$DG = 1 - P_{SV} \times P_T \times 6 + P_{SV} \times 4 \dots \dots \dots (3,31)$$

Keterangan :

DG : tundaan geometri rata-rata (detik/smp).

P_{SV} : rasio kendaraan terhenti.

P_T : rasio kendaraan membelok.

Nilai normal 6 detik untuk kendaraan belok tidak berhenti dan 4 detik untuk yang berhenti didasarkan anggapan-anggapan:

1. Kecepatan = 40 km/jam
2. Kecepatan belok tidak berhenti = 10km/jam
3. Percepatan dan perlambatan = 1,2 m/detik²
4. Kendaraan berhenti melambat untuk meminimumkan tundaan, sehingga menimbulkan hanya tundaan percepatan.

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$D = DT + DG \dots \dots \dots (3.32)$$

Keterangan :

- D : tundaan rata-rata (detik/smp)
 DT : tundaan lalu lintas (detik/smp)
 DG : tundaan geometrik (detik/smp)

Tundaan total adalah perkalian antara tundaan rata-rata dengan arus lalu lintas.

$$D_{total} = D \times Q \dots \dots \dots (3.33)$$

Keterangan :

- D_{total} : tundaan total
 D : tundaan rata-rata (detik/smp)
 Q : arus lalu lintas (smp/detik).