BAB III

LANDASAN TEORI

Analisa ruas dan simpang jalan Magelang menggunakan perhitungan yang berdasarkan pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) yang meliputi jenis fasilitas lalu-lintas sebagai berikut :

1. Jalan Perkotaan (*Urban Roads*)
2. Simpang bersinyal (*Signalized Intersection*)

Evaluasi tingkat pelayanan (*Level Of Service*) ruas jalan Magelang digunakan metode yang berdasarkan U.S. Highway Capacity Manual 1994, dengan memasukkan beberapa variabel dari analisa MKJI 1997.

3.1 Jalan Perkotaan

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, segmen jalan didefinisikan sebagai panjang jalan yang terletak diantara serta tidak dipengaruhi oleh simpang bersinyal atau simpang bersinyal utama, dan mempunyai karakteristik yang sama sepanjang jalan.

Indikasi penting tentang daerah perkotaan adalah karakteristik arus lalu lintas puncak pada pagi dan sore hari, secara umum lebih tinggi dan terdapat perubahan komposisi lalu lintas dengan persentase kendaraan pribadi dan sepeda

motor yang lebih tinggi, dan persentase truk berat yang lebih rendah dalam arus lalu lintas.

3.1.1 Arus dan Komposisi Lalu Lintas

Nilai arus lalu lintas (Q) mencerminkan komposisi lalu lintas, dengan menyatakan arus dalam satuan mobil penumpang (smp). Semua nilai arus lalu lintas (per arah dan total) diubah menjadi satuan mobil penumpang (smp), dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang (emp) yang diturunkan secara empiris untuk tiap kendaraan.

Ekivalensi mobil penumpang (emp) untuk masing-masing tipe kendaraan tergantung pada tipe jalan dan arus lalu lintas total yang dinyatakan dalam kendaraan /jam, dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.1 Emp untuk Jalan Perkotaan Tak Terbagi

Tipe Jalan : Jalan Tak Terbagi	**Arus lalu lintas total dua arah (kend/jam)**	**emp**		
		HV	**MC**	
			Lebar jalur lalu-lintas W_c (m)	
			≤ 6	> 6
Dua jalur tak terbagi (2/2 UD)	0-1800	1,3	0,50	0,40
	≥ 1800	1,2	0,35	0,25
Empat jalur tak terbagi (4/2 UD)	0-3700	1,3	0,40	
	≥ 3700	1,2	0,25	

Sumber : MKJI 1997

Tabel 3.2 Emp untuk Jalan Perkotaan Terbagi dan Satu Arah

Tipe Jalan : Jalan satu arah dan Jalan Terbagi	Arus lalu lintas per jalur (kend/jam)	emp	
		HV	MC
Dua jalur satu arah (2/1) dan Empat Lajur Terbagi (4/2 D)	0-1800	1,3	0,40
	≥ 1800	1,2	0,25
Tiga jalur satu arah (3/1) dan Enam Lajur terbagi (6/2 D)	0-3700	1,3	0,40
	≥ 3700	1,2	0,25

Sumber : MKJI 1997

3.1.2 Hambatan Samping

Kelas hambatan samping ditentukan dengan mengetahui frekuensi berbobot kejadian terlebih dahulu. Nilai frekuensi berbobot kejadian diperoleh dengan mengalikan tiap tipe kejadian hambatan samping dengan faktor bobotnya. Tabel 3.3 menunjukkan faktor faktor bobot tiap tipe kejadian hambatan.

Tabel 3.3 Faktor bobot untuk hambatan samping

Tipe kejadian hambatan samping	Simbol	Faktor bobot
Pejalan Kaki	PED	0,5
Parkir dan kendaraan berhenti	PSV	1,0
Kendaraan masuk dan berhenti	EEV	0,7
Kendaraan lambat	SMV	0,4

Sumber : MKJI 1997

Setelah frekuensi berbobot kejadian hambatan samping diketahui maka tabel 3.4 dipergunakan untuk mencari kelas hambatan samping.

Tabel 3.4 Kelas Hambatan Samping 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 pemukiman ; jalan dengan jalan samping
Rendah	L	100 – 299	Daerah pemukiman ; beberapa kendaraan umum dsb.
Sedang	M	300 – 499	Daerah industri ; beberapa toko di sisi jalan
Tinggi	H	500 – 899	Daerah komersial : aktivitas sisi jalan tinggi
Sangat Tinggi	VH	> 900	Daerah komersial dengan aktivitas pasar samping jalan

Sumber : MKJI 1997

3.1.3 Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan arus bebas kendaraan ringan digunakan sebagai ukuran utama dalam analisis ini. Untuk jalan tak terbagi analisis dilakukan pada kedua arah, sedang untuk jalan terbagi analisa dilakukan terpisah pada masing-masing arah lalu lintas, seolah-olah masing-masing arah merupakan jalan satu arah yang terpisah.

Persamaan untuk penentuan kecepatan arus bebas adalah sebagai berikut:

$$FV = (FV_O + FV_W) * FFV_{SF} * FFV_{CS} \quad \ldots\ldots(3.1)$$

dengan:

FV = Kecepatan arus bebas kendaraan ringan (km/jam)

FV_O = Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan (km/jam)

FV_W = Penyesuaian lebar jalur lalu lintas efektif (km/jam)

FFV_{SF} = Faktor penyesuaian kondisi hambatan samping

FFV_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota

Tabel 3.5 Kecepatan Arus Dasar (FV_O) untuk Jalan Perkotaan

Tipe Jalan	Kecepatan Arus Bebas Dasar (FV_O) (km/jam)			
	LV	HV	MC	Rata-rata
Enam lajur terbagi (6/2 D) atau Tiga lajur satu arah (3/1)	61	52	48	57
Empat lajur terbagi (4/2 D) atau Dua lajur satu arah (2/1)	57	50	47	55
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	53	46	43	51
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	44	40	40	42

Sumber : MKJI 1997

Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas FV_W berdasarkan lebar jalur lalu efektif (W_c) ditentukan oleh tabel di bawah ini.

Tabel 3.6 Penyesuaian untuk Pengaruh Lebar Jalur Lalu-lintas (FV_W) pada kecepatan arus bebas kendaraan ringan jalan perkotaan

Tipe Jalan	Lebar Jalur Lalu-lintas Efektif (W_C) (m)	FV_W (km/jam)
Empat lajur terbagi atau jalan satu arah	Per lajur	
	3,00	-4
	3,25	-2
	3,50	0
	3,75	2
	4,00	4
Empat lajur tak terbagi	Per lajur	
	3,00	-4
	3,25	-2
	3,50	0
	3,75	2
	4,00	4
Dua lajur tak terbagi	Total	
	5	-9,5
	6	-3
	7	0
	8	3
	9	4
	10	6
	11	7

Sumber : MKJI 1997

Faktor penyesuaian untuk hambatan samping FFV_{SF} berdasarkan tingkat hambatan samping dan lebar bahu atau kerb, dilihat pada kedua tabel di bawah ini.

- Untuk hambatan samping dengan bahu (W_S)

Tabel 3.7 Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas untuk Hambatan Samping dan Bahu (FFV_{SF})

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping (SFC)	Faktor Penyesuaian untuk Hambatan Samping dan Lebar Bahu FFV_{SF}			
		Lebar Bahu Efektif Rata-rata W_S (m)			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 2,0
Empat lajur Terbagi 4/2 D	Sangat Rendah	1,02	1,03	1,03	1,04
	Rendah	0,98	1,00	1,02	1,03
	Sedang	0,94	0,97	1,00	1,02
	Tinggi	0,89	0,93	0,96	0,99
	Sangat Tinggi	0,84	0,88	0,92	0,96
Empat tak lajur Terbagi 4/2 UD	Sangat Rendah	1,02	1,03	1,03	1,04
	Rendah	0,98	1,00	1,02	1,03
	Sedang	0,93	0,96	0,99	1,02
	Tinggi	0,87	0,91	0,94	0,98
	Sangat Tinggi	0,80	0,86	0,90	0,95
Dua lajur tak Terbagi 2/2 UD dan jalan satu arah	Sangat Rendah	1,00	1,01	1,01	1,01
	Rendah	0,96	0,98	0,99	1,00
	Sedang	0,90	0,93	0,96	0,99
	Tinggi	0,82	0,86	0,90	0,95
	Sangat Tinggi	0,73	0,79	0,85	0,91

Sumber : MKJI 1997

- Untuk hambatan samping dengan Kerb (jarak antara kerb dengan penghalang pada trotoar W_K)

Tabel 3.8 Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas untuk Hambatan Samping dan Jarak Kerb pengahalang (FFV_{SF})

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping (SFC)	Faktor Penyesuaian untuk Hambatan Samping dan Jarak Kerb Penghalang FFV_{SF}			
		Jarak : Kerb – Penghalang W_K (m)			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 2,0
Empat lajur Terbagi 4/2 D	Sangat Rendah	1,00	1,01	1,01	1,02
	Rendah	0,97	0,98	0,99	1,00
	Sedang	0,93	0,95	0,97	0,99
	Tinggi	0,87	0,90	0,93	0,96
	Sangat Tinggi	0,81	0,85	0,88	0,92
Empat tak lajur Terbagi 4/2 UD	Sangat Rendah	1,00	1,01	1,01	1,02
	Rendah	0,96	0,98	0,99	1,00
	Sedang	0,91	0,93	0,96	0,98
	Tinggi	0,84	0,87	0,90	0,94
	Sangat Tinggi	0,77	0,81	0,85	0,90
Dua lajur tak Terbagi 2/2 UD dan jalan satu arah	Sangat Rendah	0,98	0,99	0,99	1,00
	Rendah	0,93	0,95	0,96	0,98
	Sedang	0,87	0,89	0,92	0,95
	Tinggi	0,78	0,81	0,84	0,88
	Sangat Tinggi	0,68	0,72	0,77	0,82

Sumber : MKJI 1997

Faktor penyesuaian kecepatan arus bebas untuk ukuran kota (FFV_{CS}) ditentukan pada tabel di bawah ini

Tabel 3.9 Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas untuk Ukuran Kota (FFV_{CS})

Ukuran Kota (Juta Penduduk)	Faktor Penyesuaian untuk Ukuran Kota
< 0,1	0,90
0,1 - 0,5	0,93
0,5 - 1,0	0,95
1,0 - 3,0	1,00
> 3,0	1,03

Sumber : MKJI 1997

3.1.4 Kapasitas

Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam pada kondisi tertentu. Untuk jalan dua lajur dua arah, kapasitas ditentukan untuk arus dua arah (kombinasi dua arah), tetapi untuk jalan dengan banyak lajur, arus dipisahkan per arah dan kapasitas ditentukan per lajur.

Persamaan dasar untuk menentukan kapsitas adalah sebagai berikut:

$$C = C_O * FC_W * FC_{SP} * FC_{SF} * FC_{CS} \quad \text{.....(3.2)}$$

dengan:

C = Kapasitas sesungguhnya (smp/jam)

C_O = Kapasitas dasar(ideal) tertentu (smp/jam)

FC_W = Penyesuaian lebar jalan

FC_{SP} = Faktor penyesuaian lebar jalan

FC_{SF} = Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan/kerb

FC_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota

Tabel 3.10 Kapasitas Dasar (C_O) untuk Jalan Perkotaan

Tipe jalan	Kapasitas dasar (smp/jam)	Catatan
Empat lajur terbagi atau Jalan satu arah	1650	Per lajur
Empat lajur tak terbagi	1500	Per lajur
Dua lajur tak terbagi	2900	Toatal dua arah

Sumber : MKJI 1997

Faktor penyesuaian kapasitas untuk lebar jalur lalu lintas (FC_W) berdasarkan lebar jalur lalu lintas efektif (W_C), ditentukan pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.11 Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Lebar Jalur Lalu-lintas (FC_W)

Tipe Jalan	Lebar Jalur Lalu-lintas Efektif (W_C) (m)	FC_S
Empat lajur terbagi atau jalan satu arah	Per lajur	
	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
	4,00	1,08
Empat lajur tak terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,95
	3,50	1,00
	3,75	1,05
	4,00	1,09
Dua lajur tak terbagi	Total dua arah	
	5	0,56
	6	0,87
	7	1,00
	8	1,14
	9	1,25
	10	1,29
	11	1,34

Sumber : MKJI 1997

Faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisahan arah (FC_{SP}) khusus untuk jalan tidak terbagi, ditentukan oleh tabel dibawah ini.

Tabel 3.12 Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Pemisahan Arah (FC_{SP})

Pemisahan Arah SP %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FC_{SP}	Dua lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat lajur 4/2	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94

Sumber : MKJI 1997

Sedang untuk jalan terbagi dan jalan satu arah, faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisahan arah tidak dapat diterapkan dan nilai 1,0 sebaiknya dimasukkan ke dalam kolom 13 formulir UR-3.

Faktor penyesuaian kapasitas untuk hambatan samping FC_{SF} berdasarkan tingkat hambatan samping (SFC) dan lebar bahu atau kerb, dapat dilihat pada kedua tabel di bawah ini.

- Untuk hambatan samping dengan bahu (W_S)

Tabel 3.13 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Hambatan Samping dan Bahu (FC_{SF})

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping (SFC)	Faktor Penyesuaian untuk Hambatan Samping dan Lebar Bahu FC_{SF}			
		Lebar Bahu Efektif Rata-rata W_S (m)			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 2,0
Empat lajur Terbagi 4/2 D	Sangat Rendah	0,96	0,98	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,88	0,92	0,95	0,98
	Sangat Tinggi	0,84	0,88	0,92	0,96
Empat tak lajur Terbagi 4/2 UD	Sangat Rendah	0,96	0,99	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,87	0,91	0,94	0,98
	Sangat Tinggi	0,80	0,86	0,90	0,95
Dua lajur tak Terbagi 2/2 UD dan jalan satu arah	Sangat Rendah	0,94	0,96	0,99	1,01
	Rendah	0,92	0,94	0,97	1,00
	Sedang	0,89	0,92	0,95	0,98
	Tinggi	0,82	0,86	0,90	0,95
	Sangat Tinggi	0,73	0,79	0,85	0,91

Sumber : MKJI 1997

- Untuk hambatan samping dengan Kerb (jarak antara kerb dengan penghalang pada trotoar W_K)

Tabel 3.14 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Hambatan Samping dan Jarak Kerb pengahalang (FFV_{SF})

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping (SFC)	Faktor Penyesuaian untuk Hambatan Samping dan Jarak Kerb Penghalang FC_{SF}			
		Jarak : Kerb - Penghalang W_K (m)			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 2,0
Empat lajur Terbagi 4/2 D	Sangat Rendah	0,95	0,97	0,99	1,01
	Rendah	0,94	0,96	0,98	1,00
	Sedang	0,91	0,93	0,95	0,98
	Tinggi	0,86	0,89	0,92	0,95
	Sangat Tinggi	0,81	0,85	0,88	0,92
Empat tak lajur Terbagi 4/2 UD	Sangat Rendah	0,99	0,97	0,99	1,01
	Rendah	0,93	0,95	0,97	1,00
	Sedang	0,90	0,92	0,95	0,97
	Tinggi	0,84	0,87	0,90	0,93
	Sangat Tinggi	0,77	0,81	0,85	0,90
Dua lajur tak Terbagi 2/2 UD dan jalan satu arah	Sangat Rendah	0,93	0,95	0,97	0,99
	Rendah	0,90	0,92	0,95	0,97
	Sedang	0,86	0,88	0,91	0,94
	Tinggi	0,78	0,81	0,84	0,88
	Sangat Tinggi	0,68	0,72	0,77	0,82

Sumber : MKJI 1997

Faktor penyesuaian kapasitas untuk ukuran kota sebagai fungsi jumlah penduduk, ditentukan pada tabel di bawah.

Tabel 3.15 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Ukuran Kota (FC_{CS})

Ukuran Kota (Juta Penduduk)	Faktor Penyesuaian untuk Ukuran Kota
< 0,1	0,86
0,1 - 0,5	0,90
0,5 - 1,0	0,94
1,0 - 3,0	1,00
> 3,0	1,04

Sumber : MKJI 1997

3.1.5 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor dalam penentuan tingkat kinerja simpang atau segmen jalan. Nilai DS menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

$$DS = Q/C \quad \ldots\ldots(3.3)$$

dimana :

DS = Derajat kejenuhan

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

Derajat kejenuhan dihitung dengan menggunakan arus dan kapasitas dinyatakan dalam smp/jam. Derajat kejenuhan digunakan untuk analisis perilaku lalu lintas berupa kecepatan.

3.1.6 Kecepatan dan Waktu Tempuh

Kecepatan tempuh didefinisikan dalam MKJI 1997 sebagai kecepatan rata-rata ruang (V) dari kendaraan ringan (LV) sepanjang segmen jalan. Waktu tempuh rata-rata untuk kendaran ringan dalam jam untuk kondisi yang diamati, dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$TT = L / V \quad \ldots\ldots(3.4)$$

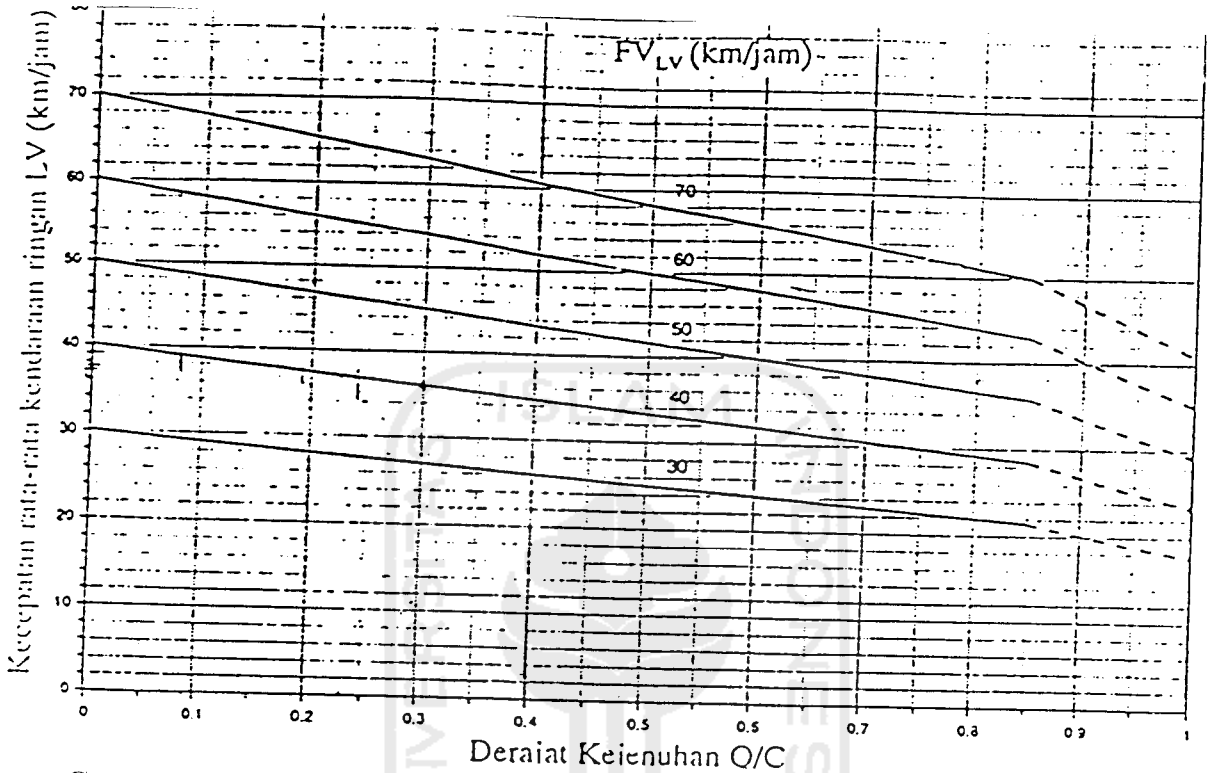
dimana :

TT = waktu tempuh rata-rata LV sepnjang segmen (jam)

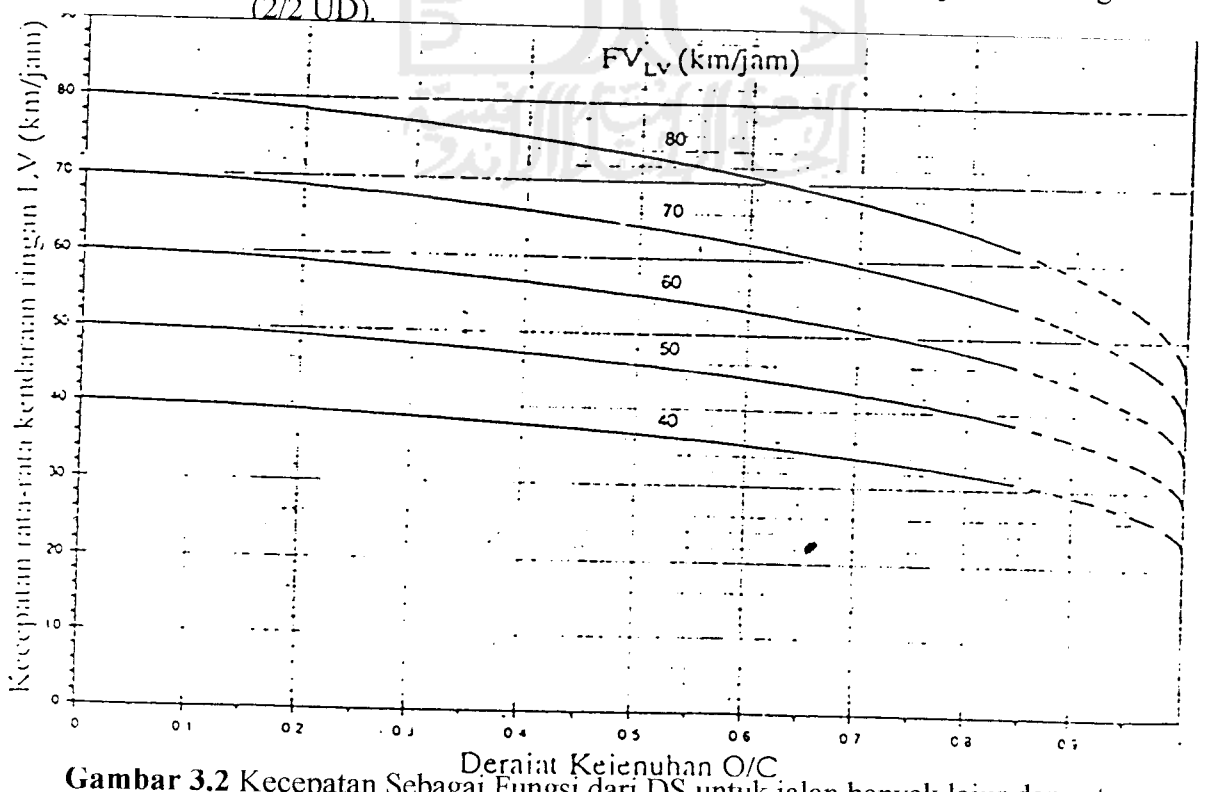
L = panjang segmen (km)

V = kecepatan rata-rata ruang (gambar 3.1 atau 3.2)

Untuk nilai kecepatan rata-rata ruang yang merupakan fungsi dari derajat kejenuhan dapat dilihat dari gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 Kecepatan Sebagai Fungsi dari DS untuk jalan dua lajur tak terbagi (2/2 UD).



Gambar 3.2 Kecepatan Sebagai Fungsi dari DS untuk jalan banyak lajur dan satu arah

3.2. Simpang Bersinyal

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 bahwa simpang-simpang bersinyal yang merupakan bagian dari sistem kendali waktu tetap yang dirangkai atau 'sinyal aktuasi kendaraan' terisolir. Pada umumnya sinyal lalu-lintas dipergunakan untuk satu atau lebih dari alasan berikut :

1. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu-lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan , bahkan selama kondisi lalu-lintas jam puncak,
2. Untuk memberikan kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari simpang (kecil) untuk memotong jalan utama,
3. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu-lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang bertentangan.

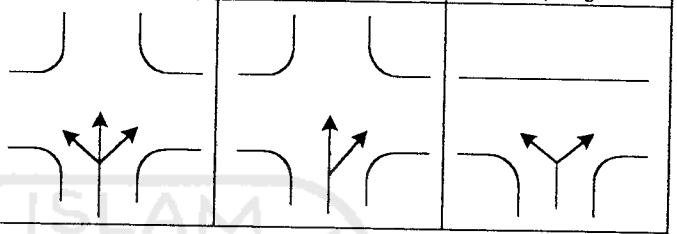
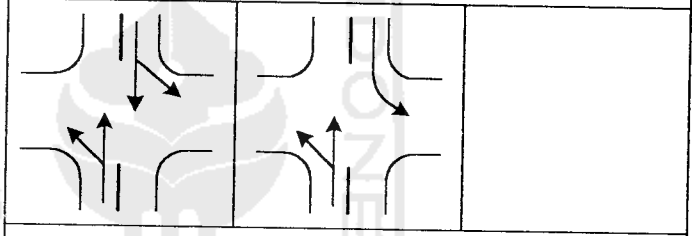
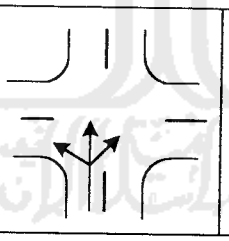
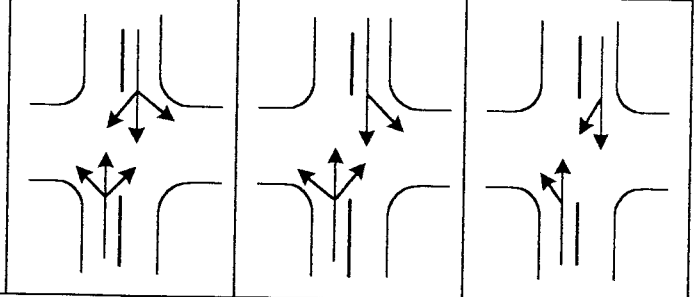
Penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna yaitu hijau, kuning, dan merah diterapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu-lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu. Hal ini adalah keperluan mutlak bagi gerakan-gerakan lalu-lintas yang datang dari jalan-jalan yang saling berpotongan (konflik-konflik utama). Sinyal-sinyal dapat juga digunakan untuk memisahkan gerakan membelok dari lalu-lintas lurus melawan, atau untuk memisahkan gerakan lalu-lintas membelok dari pejalan kaki yang menyeberang (konflik-konflik kedua).

3.2.1. Geometrik

Perhitungan dikerjakan secara terpisah untuk setiap pendekat. Satu lengan simpang dapat terdiri dari lebih dari satu pendekat, yaitu dipisahkan menjadi dua

atau lebih sub-pendekat. Untuk masing-masing pendekat atau sub-pendekat lebar efektif (We) ditetapkan dengan mempertimbangkan denah dari bagian masuk dan keluar suatu simpang dan distribusi dari gerakan-gerakan membelok.

Tabel 3.16 Penentuan Tipe Pendekat

Tipe Pendekat	Keterangan	Contoh Pola-pola Pendekat
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. 

Sumber :gambar C-1:1 Simpang Bersinyal MKJI 1997

Penentuan lebar efektif (We) dari setiap pendekat berdasarkan lebar pendekat (W_A), lebar masuk (W_{MASUK}) dan lebar keluar (W_{KELUAR}).

- Untuk pendekat tanpa belok kiri langsung (LTOR).

  Lebar keluar (hanya untuk pendekat tipe P) diperiksa, jika

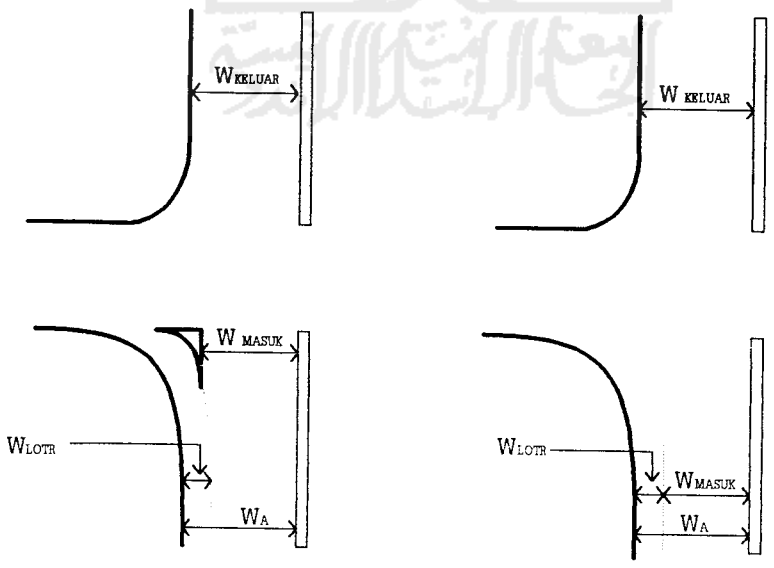
  $$W_{KELUAR} < We \times (1 - \rho_{RT} - \rho_{LTOR})$$

  We sebaiknya diberi nilai baru yang sama dengan nilai W_{KELUAR}, dan analisis penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalu lintas lurus saja ($Q = Q_{ST}$).

- Untuk pendekat dengan belok kiri langsung (LTOR)

  Lebar efektif (We) untuk pendekat dengan pulau lalu lintas, dapat dihitung dengan penentuan lebar masuk (W_{MASUK}). Seperti ditunjukkan pada gambar di bawah (kiri), dan untuk pendekat tanpa pulau lalu lintas (gambar kanan).

  $$W_{MASUK} = W_A - W_{LTOR}$$



Gambar 3.3 Pendekat Dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas
Sumber gambar C-1:1 simpang bersinyal, MKJI 1997

3.2.2 Arus Lalu Lintas

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(Q_{LT}), lurus (Q_{ST}) dan belok kanan (Q_{RT}) di konversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekat terlindung dan terlawan.

$$Q_{MV} = Q_{LV} + (Q_{HV} * emp_{HV}) + (Q_{MC} * emp_{MC}) \quad \text{.....(3.5)}$$

dimana :

Q_{MV} = arus kendaraan bermotor total

Q_{LV} ,Q_{HV} ,dan Q_{MC} = arus lalu lintas tiap tipe kendaraan

emp_{LV} ,emp_{HV} dan emp_{MC} = nilai emp tiap tipe kendaraan (tabel 3.17)

Tabel 3.17 Emp Untuk Tipe Pendekat

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 : MKJI 1997

Perhitungan rasio belok kiri (ρ_{LT}) dan rasio belok kanan (ρ_{RT}) menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\rho LT = \frac{LT\ (smp/jam)}{Total\ (smp/jam)} \quad \text{.....(3.6)}$$

$$\rho RT = \frac{RT\ (smp/jam)}{Total\ (smp/jam)} \quad \text{.....(3.7)}$$

dimana :

LT = Arus kendaraan belok kiri

RT = Arus kendaraan belok kanan

Total = Arus kendaraan total

Untuk perhitungan rasio kendaraan tak bermotor Q_{UM} dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\rho_{UM} = Q_{UM} / Q_{MV} \quad \text{.....(3.8)}$$

dimana :

Q_{UM} = Arus kendaraan tak bermotor (kend/jam)

Q_{MV} = Arus kendaraan bermotor (kend/jam)

3.2.3 Penentuan Fase Jalan

Untuk analisa operasional dan perencanaan, disarankan untuk membuat suatu perhitungan rinci waktu antar hijau (IG) untuk waktu pengosongan dan waktu hilang (LTI).

Waktu antar Hijau (IG) adalah periode kuning+merah semua antara dua fase sinyal yang berurutan (det.), sedangkan Waktu Hilang(LTI) adalah jumlah 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.

Pada analisa yang dilakukan bagi keperluan perancangan, waktu antar hijau berikut (kuning+merah semua) dapat dianggap sebagai nilai normal. Nilai normal tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

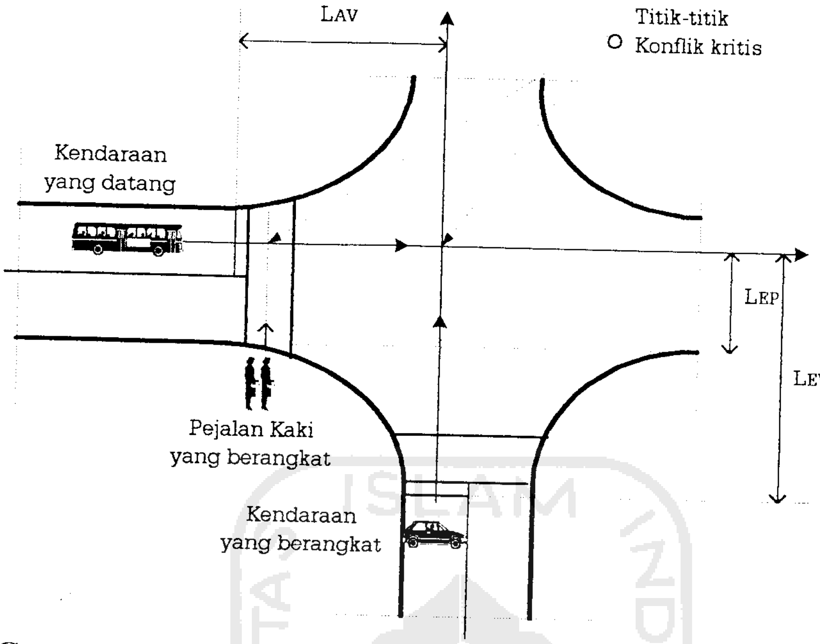
Tabel 3.18 Nilai Normal Waktu Antar Hijau IG

Ukuran simpang	Lebar jalan rata-rata	Nilai normal waktu antar hijau
Kecil	6 - 9 m	4 detik / fase
Sedang	10 - 14 m	5 detik / fase
Besar	≥ 15 m	≥ 6 detik / fase

Sumber : MKJI 1997

Waktu merah semua (ALL RED), adalah waktu dimana sinyal merah menyala bersamaan dalam pendekat-pendekat yang dilayani oleh dua fase sinyal yang berurutan (det.). Waktu kuning (AMBER), adalah waktu dimana lampu kuning dinyalakan sesudah lampu hijau dalam sebuah pendekat (det.)

Waktu merah semua yang diperlukan pada pengosongan pada setiap akhir fase harus memberi kesempatan pada kendaraan terakhir (melewati garis henti pada akhir sinyal kuning) berangkat dari titik konflik sebelum datang kendaraan yang datang pertama dari fase berikutnya (melewati garis henti pada awal sinyal hijau) pada titik yang sama. Jadi merah semua fungsi dari kecepatan dan jarak dari kendaraan yang berangkat dan yang datang dari garis henti sampai ketitik konflik, dan panjang dari kendaraan yang berangkat. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4 Titik Konflik dan Jarak Untuk Keberangkatan dan Kedatangan
Sumber gambar B-2:1 simpang bersinyal,MKJI 1997

Titik konflik kritis pada masing-masing fase (i) adalah titik yang menghasilkan Waktu Merah Semua (ALL RED) terbesar.

$$\text{Merah Semua}_i = \frac{L_{EV} + l_{EV}}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \quad \text{.......................................(3.9)}$$

dimana :

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

l_{EV} = panjang kendaraan yang berangkat dengan nilai :

5 m (untuk LV atau HV)

2 m (untuk MC atau UM)

V_{EV}, V_{AV} = kecepatan masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/det), dengan nilai:

V_{AV} = 10 m/det (kend. bermotor)

V_{EV} = 10 m/det (kend. bermotor)

3 m/det (kend. tak bermotor)

1,2 m/det (pejalan kaki)

Perhitungan waktu hilang (LTI), dihitung setelah ditetapkannya periode merah semua untuk masing-masing akhir fase. Waktu hilang untuk simpang dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu-waktu antar hijau.

$$LTI = \sum (\text{merah semua} + \text{kuning})_i = \sum Ig_i \quad \ldots\ldots (3.10)$$

3.2.4 Arus Jenuh

Arus jenuh dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (So) yaitu arus jenuh pada keadaan standar, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya dari kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang ditetapkan sebelumnya.

$$S = S_O * F_{CS} * F_G * F_{SF} * F_P * F_{RT} * F_{LT} \quad \ldots\ldots (3.11)$$

dimana :

S_o = arus jenuh dasar (smp/jam hijau)

F_{CS} = faktor penyesuaian ukuran kota

F_G = faktor penyesuaian kelandaian

F_{SF} = faktor penyesuaian hambatan samping

F_P = faktor penyesuaian parkir

F_{RT} = faktor penyesuaian belok kanan

F_{LT} = faktor penyesuaian belok kiri

Untuk pendekat yang mempunyai sinyal hijau lebih dari satu fase (misalnya pada fase 1 dan 2) dengan arus jenuh S_1 dan S_2, maka nilai arus jenuhnya adalah nilai arus jenuh kombinasi yang dihitung dengan rumus berikut :

$$S_{1+2} = \frac{(S_1 * g_1)+(S_2 * g_2)}{g_1 + g_2} \quad \ldots\ldots(3.12)$$

dimana :

S_{1+2} = arus jenuh kombinasi (smp/jam hijau)

g_1, g_2 = waktu hijau fase1, fase 2

3.2.4.1 Arus Jenuh Dasar

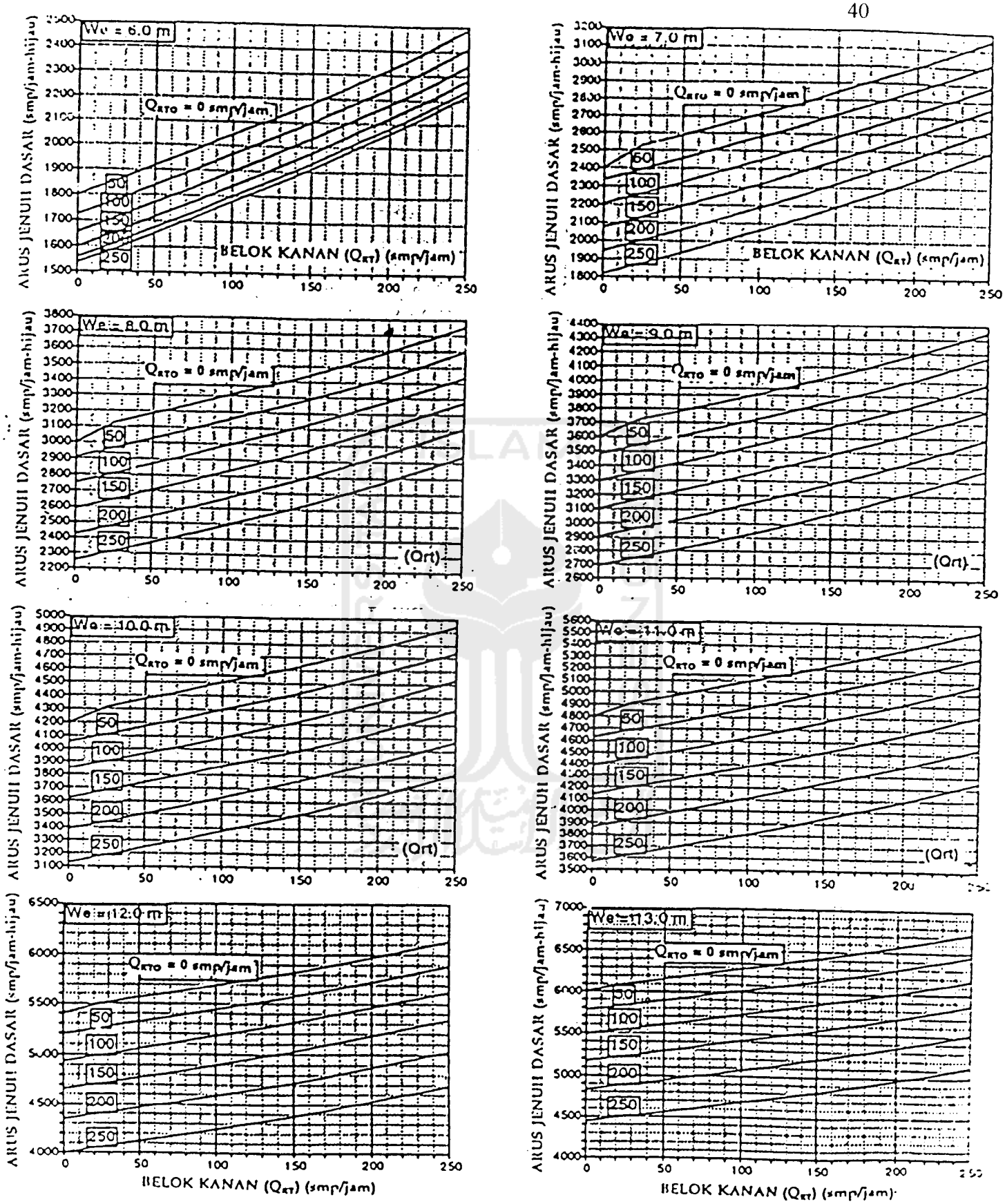
Nilai arus jenuh dasar (So) untuk setiap pendekat adalah :

- Untuk pendekat tipe P (arus terlindung), arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat (We).

  So = 600 We (smp/jam hijau)..... (3.13)

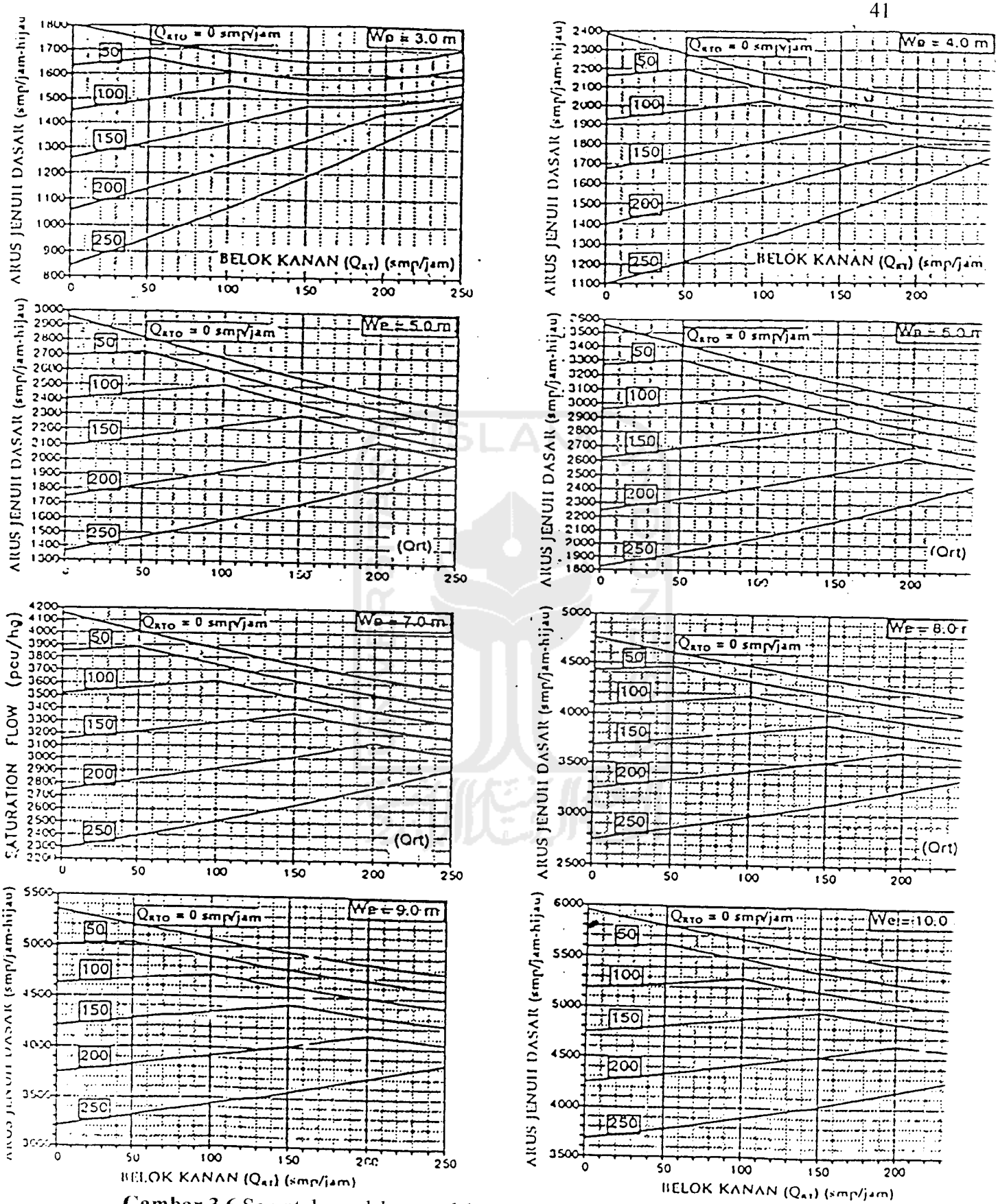
- Untuk pendekat tipe O (arus berangkat terlawan)

  So ditentukan dari gambar 3.5 (untuk pendekat tanpa lajur belok kanan terpisah) dan dari gambar 3.6 (untuk pendekat dengan lajur belok kanan terpisah) sebagai fungsi dari We, Q_{RT}, Q_{RTO}.



Gambar 3.5 So untuk pendekat-pendekat tipe O tanpa lajur belok kanan terpisah

Sumber : gambar C-3:2 Simpang bersinyal MKJI 1997



Gambar 3.6 So untuk pendekat-pendekat tipe O dengan lajur belok kanan terpisah

Sumber : gambar C-3:3 Simpang bersinyal MKJI 1997

3.2.4.2 Faktor Penyesuaian Arus Jenuh

Faktor penyesuaian untuk nilai arus jenuh dasar untuk kedua tipe pendekat P dan O adalah sebagai berikut :

- Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS})sebagai fungsi dari ukuran kota ditentukan dari tabel dibawah ini:

Tabel 3.19 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS}) Pada Simpang Bersinyal

Penduduk Kota (juta jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota
< 0,1	0,82
0,1-0,5	0,83
0,5-1,0	0,94
1,0-3,0	1,00
>3,0	1,05

Sumber : MKJI 1997

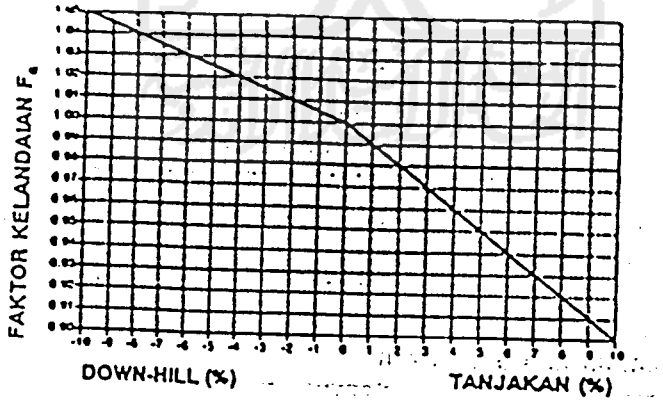
- Faktor penyesuaian Hambatan Samping (F_{SF}) sebagai fungsi dari jenis lingkungan jalan, tingkat hambatan samping, dan rasio kendaraan tak bermotor Jika hambatan samping tidak diketahui, dapat dianggap sebagai tinggi agar tidak menilai kapasitas terlalu besar.

Tabel 3.20 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{SF}) Untuk Simpang Bersinyal

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan tak Bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥0,25
Comercial (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	0,76	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Pemukiman (RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,89	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 : MKJI 1997

- Faktor penyesuaian kelandaian (F_G) sebagai fungsi dari kelandaian (Grad) ditentukan dari gambar dibawah ini.



Gambar 3.7 Faktor Penyesuaian untuk Kelandaian (F_G)
Sumber : gambar C-4:1 Simpang bersinyal MKJI 1997

- Faktor penyesuain parkir (F_P) sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai kendaraan yang diparkir pertama dan lebar pendekat. Faktor ini dapat juga

diterapkan untuk kasus-kasus dengan panjang lajur belok kiri terbatas. Ini tidak perlu diterapkan jika lebar efektif ditentukan oleh lebar keluar.

Faktor penyesuaian parkir dapat (F_P) dapat juga dihitung dengan menggunakan rumus berikut, yang mencakup pengaruh panjang waktu hijau :

$$F_P = [\ L_P / 3 - (W_A\text{-}2) * (L_P / 3 - g)/W_A\ ] / g \quad \text{.....(3.14)}$$

dimana :

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).

Faktor penyesuaian untuk nilai arus jenuh dasar hanya untuk **tipe pendekat P** adalah sebagai berikut :

- Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}), ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan ρ_{RT}. Hanya untuk pendekat tipe P, tanpa median, jalan dua arah, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Rumus yang digunakan :

$$F_{RT} = 1{,}0 + (\rho_{RT} * 0{,}26) \quad \text{.....(3.15)}$$

Pada jalan dua arah tanpa median, kendaraan belok kanan dari arus terlindungi (pendekat tipe P) mempunyai kecendrungan untuk memotong garis tengah jalan sebelum melewati garis henti ketika menyelesaikan belokannya. Hal ini menyebabkan peningkatan rasio belok kanan yang tinggi pada arus jenuh.

- Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}), ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri ρ_{LT}. Hanya untuk tipe pendekat P tanpa LOTR, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Faktor penyesuaian ini dapat dihitung dengan rumus :

$$F_{LT} = 1{,}0 - (\rho_{LT} * 0{,}16) \quad \text{.....(3.16)}$$

Pada pendekat-pendekat terlindung tanpa penyediaan belok kiri langsung, kendaraan-kendaraan belok kiri cenderung melambat dan mengurangi arus jenuh pendekat tersebut. Karena arus berangkat dalam pendekat-pendekat terlawan (tipe O) pada umumnya lebih lambat, maka tidak diperlukan penyesuaian untuk pengaruh rasio belok kiri.

3.2.4.3 Rasio Arus Jenuh

Rasio arus (FR) adalah rasio arus terhadap arus jenuh dari suatu pendekat yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$FR = Q / S \quad \text{.....(3.17)}$$

dimana :

Q = arus lalu-lintas masing-masing pendekat

S = arus jenuh

Rasio arus simpang (IFR) adalah jumlah dari rasio arus kritis (tertinggi) untuk semua fase sinyal yang berurutan dalam suatu siklus, dengan rumus :

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

dimana :

FR_{CRIT} = rasio arus kritis (tertinggi) pada masing-masing fase

Rasio Fase (PR) adalah rasio arus kritis masing-masing fase dibagi dengan rasio arus simpang, dihitung dengan rumus :

$$PR = FR_{CRIT} / IFR \quad \text{.....(3.19)}$$

3.2.5 Penentuan Waktu Sinyal

Penentuan waktu sinyal untuk keadaan dengan kendali waktu tetap dilakukan berdasarkan metoda Webter (1966) untuk meminimumkan tundaan total pada suatu simpang. Pertama-tama ditentukan waktu siklus (c), selanjutnya waktu hijau (g) pada masing-masing fase (I). Fase merupakan bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijau, dengan kombinasi tertentu dari gerakan lalu lintas (i=indeks untuk nomor fase).

3.2.5.1 Waktu Siklus sebelum Penyesuaian

Waktu siklus (c) adalah waktu untuk ukuran lengkap dari indikasi sinyal, dihitung dengan rumus :

$$c_{ua} = (1{,}5 * LTI + 5) / (1 - IFR) \quad \text{.....(3.20)}$$

dimana :

c_{ua} = waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (detik)

LTI = waktu hilang total per siklus (detik)

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

Waktu siklus yang terlalu panjang akan menyebabkan meningkatnya tundaan rata-rata. Jika nilai (FR) mendekati atau lebih dari 1 maka simpang tersebut adalah lewat jenuh dan rumus tersebut akan menghasilkan nilai waktu siklus yang sangat tinggi atau negatif. Jika perhitungan menghasilkan waktu siklus yang jauh lebih tinggi daripada batas yang disarankan, maka hal ini menandakan bahwa kapasitas dari denah simpang tersebut adalah tidak mencukupi.

Tabel 3.21 Waktu Siklus Yang Disarankan

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

Sumber : MKJI 1997

3.2.5.2 Waktu Hijau

Waktu hijau (g) adalah waktu nyala hijau dalam suatu pendekat (detik)

Untuk perhitungan waktu hijau digunakan rumus berikut :

$$gi = (C_{ua} - LTI) * PR_i \quad \text{.....(3.21)}$$

dimana :

gi = tampilan waktu hijau pada fase i (detik)

C_{ua} = waktu siklus sebelum penyesuaian (detik)

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

LTI = waktu hilang total per siklus (detik)

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.

3.2.5.3 Waktu Siklus Hijau yang disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan (c) dihitung dengan rumus :

$$c = \sum g + LTI \quad \text{.....(3.22)}$$

dimana :

$\sum g$ = jumlah waktu hijau yang diperoleh (detik)

LTI = waktu hilang total per siklus (detik)

3.2.6 Kapasitas

Kapasitas (C) dari suatu pendekat simpang bersinyal dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$C = S * (g / c) \quad \text{.....(3.23)}$$

dimana :

C = Kapasitas (smp/jam)

S = Arus jenuh, yaitu arus berangkat rata-rata dari antrian dalam pendekat selama sinyal hijau (smp/jam hijau)

g = waktu hijau (detik)

c = waktu siklus, yaitu selang waktu untuk urutan perubahan sinyal yang lengkap (antara dua awal hijau yang berurutan pada fase yang sama)

3.2.7 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) diperoleh sebagai :

$$DS = Q/C \quad \text{.....(3.24)}$$

dimana :

DS = derajat kejenuhan

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

C = kapasitas (smp/jam)

3.2.8 Perilaku Lalu Lintas

Berbagai ukuran perilaku lalu lintas dapat ditentukan berdasarkan pada arus lalu lintas (Q), derajata kejenuhan (DS) dan waktu sinyal (c dan g) sebagaimana diuraikan di bawah :

3.2.8.1 Panjang Antrian

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 datang selama fase merah (NQ_2).

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad \text{.....(3.25)}$$

Untuk DS > 0,5

$$NQ_1 = 0{,}25 * C * \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS-1)^2 + \frac{8*(DS-0{,}5)}{C}} \right] \quad \text{.....(3.26)}$$

- Untuk DS ≤ 0,5 : $NQ_1 = 0$

$$NQ_2 = c * \frac{1-GR}{(1-GR)*DS} * \frac{Q}{3600} \quad \text{.....(3.27)}$$

dimana :

NQ_1 = jumlah smp yang tertinggal dari fase sebelumnya.

NQ_2 = jumlah smp yang datang selama fase merah.

DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau ; g/c

c = waktu siklus (det.)

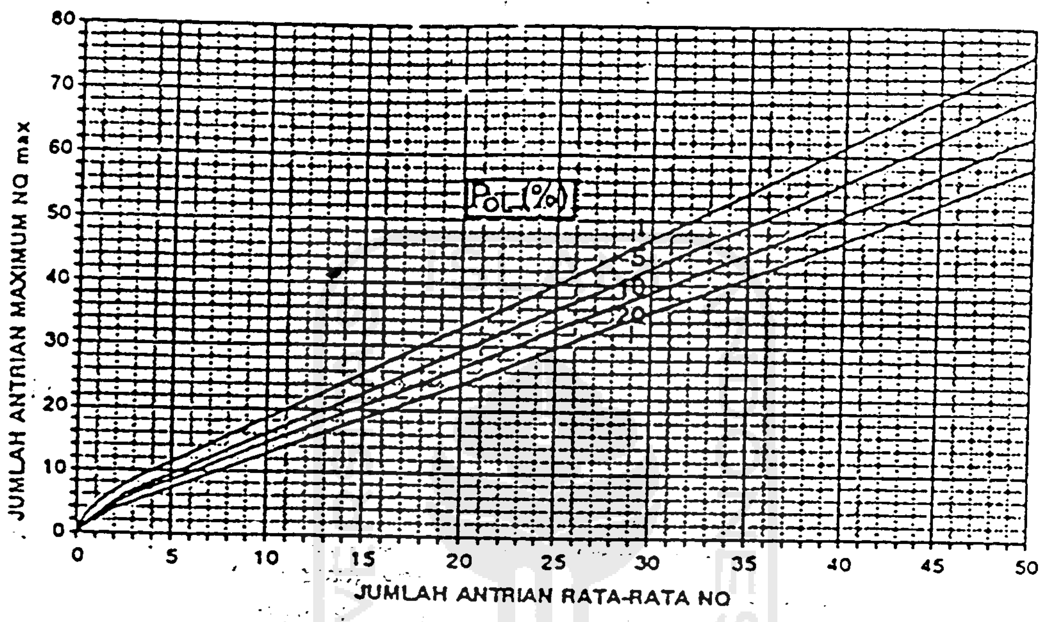
C = kapasitas (smp/jam) = arus jenuh kali rasio hijau (S*GR)

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

Untuk keperluan perencanaan, MKJI memungkinkan untuk penyesuaian dari nilai rata-rata ini ketingkat peluang pembebanan yang lebih dikehendaki.

Untuk menyesuaikan NQ dalam hal peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih ρ_{OL} (%), digunakan grafik 3.8 untuk menentukan nilai NQ_{MAX}.

Untuk perancangan dan perencanaan disarankan $\rho_{OL} \leq 5$ %, sedangkan untuk operasi nilai ρ_{OL} = 5-10 % masih memungkinkan untuk dapat diterima.



Gambar 3.8 Perhitungan Jumlah Antrian (NQ_{MAX}) dalam smp
Sumber : gambar E-2:2 Simpang Bersinyal MKJI 1997

Panjang antrian QL diperoleh dengan mengalikan NQ_{MAX} dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m^2) dan pembagian dengan lebar masuk.

$$QL = NQ_{MAX} * \frac{20}{W_{masuk}} \quad \ldots\ldots(3.28)$$

3.2.8.2 Angka Henti

Angka Henti (NS) didefinisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per kendaraan (termasuk berhenti berulang-ulang dalam antrian) sebelum melewati suatu persimpangan. Angka henti dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$NS = 0,9 * \frac{NQ}{Q * c} * 3600 \quad \ldots\ldots (3.29)$$

dimana :

c = waktu siklus (det.)

Q = arus lalu-lintas (smp/det)

Jumlah kendaraan terhenti (N_{SV}) untuk masing-masing pendekat :

$$N_{SV} = Q * NS \text{ (smp/jam)} \quad \ldots\ldots (3.30)$$

Angka henti seluruh simpang

$$NS_{TOT} = \frac{\sum N_{SV}}{Q_{TOT}} \quad \ldots\ldots (3.31)$$

3.2.8.3 Tundaan (*delay*)

Tundaan (D) pada suatu simpang dapat terjadi karena sebagai berikut :

a. Tundaan Lalu lintas (DT), karena interaksi lalu lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang.

b. Tundaan Geometri (DG), karena perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan / atau terhenti karena lampu merah.

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat j dihitung sebagai :

$$Dj = DTj + DGj \quad \ldots\ldots (3.32)$$

dimana :

Dj = tundaan rata-rata untuk pendekat j (det/jam)

DTj = tundaan lalu lintas rata-rata untuk pendekat j (det/jam)

DGj = tundaan geometri rata-rata untuk pendekat j (det/jam)

Tundaan lalu lintas rata-rata pada suatu pendekat j dapat ditentukan dari rumus berikut (Akceklik 1988) :

$$DT = c * \frac{0,5 * (1 - GR)^2}{(1 - GR * DS)} + \frac{NQ_1 * 3600}{C} \qquad \text{.....(3.33)}$$

dimana :

DT = tundaan lalu lintas rata-rata pada pendekat j (det/jam)

GR = rasio hijau (g/c)

DS = derajat kejenuhan

C = Kapaitas (smp/jam)

NQ_1 = jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

Hasil perhitungan tidak berlaku jika kapasitas simpang dipengaruhi oleh faktor-faktor luar seperti terhalangnya jalan keluar akibat kemacetan pada bagian hilir, pengaturan oleh polisi secara manual dan sebagainya.

Tundaan geometri rata-rata pada suatu pendekat j dapat ditentukan sebagai berikut:

$$DGj = (1 - \rho_{SV}) * \rho_T * 6 (\rho_{SV} * 4) \qquad \text{.....(3.34)}$$

dimana :

DGj = tundaan geometri rata-rata pada pendekat j (det/jam)

ρ_{SV} = rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat

ρ_T = rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (D_I)

$$D_I = \frac{\Sigma(Q * Dj)}{Q_{TOT}} \qquad \text{.....(3.35)}$$

3.3 Tingkat Pelayanan *(Level Of Service)*

Menetapkan tipe kedatangan dimaksudkan untuk mengukur kualitas gerak maju pada pendekat, terdapat enam tipe kedatangan seperti berikut ini :

a. Tipe 1, merupakan kondisi iring-iringan padat yang datang pada persimpangan saat mulai fase merah. Kondisi ini merupakan kondisi iring-iringan yang paling jelek.
b. Tipe 2, merupakan kondisi iring-iringan padat yang datang selama pertengan fase merah. Kondisi ini lebih baik dari pada tipe 1, tetapi masih merupakan kondisi iring-iringan yang buruk.
c. Tipe 3, mewakili kondisi kedatangan kendaraan yang sama sekali sembarang (random). Kondisi ini terjadi karena tidak ada koordinasi dengan signal yang berdekatan dan merupakan kondisi rata-rata.
d. Tipe 4, merupakan kondisi iring-iringan padat yang datang pada saat pertengahan fase hijau, atau iring-iringan kendaraan yang tidak padat datang pada seluruh fase hijau. Ini merupakan kondisi yang baik.
e. Tipe 5, merupakan kondisi iring-iringan padat yang datang saat mulai fase hijau. Ini merupakan kondisi iring-iringan yang paling baik.
f. Tipe 6, merupakan perkecualian kualitas gerak maju kendaraan pada pendekat dengan karakteristik gerak maju yang mendekati ideal. Kondisi ini menggambarkan gerakan maju iring-iringan yang sangat jarang.

Untuk menetapkan tipe kedatangan, dapat dilihat pada Tabel 3.22

Tabel 3.22 Hubungan antara tipe kedatangan dan ratio "Platoon"

Tipe kedatangan	Ratio "Platoon" (Rp)	Nilai "default" (Rp)	Kualitas gerak maju pada pendekat
1	≤ 0,5	0,333	Paling buruk
2	0,5 – 0,85	0,667	Buruk
3	0,85 – 1,15	1,000	Rata-rata
4	1,15 – 1,50	1,333	Baik
5	1,50 – 2,00	1,667	Paling baik
6	> 2,00	2,000	Perkecualian

Sumber : HCM 1994

Untuk menghitung Rasio "Platoon" digunakan persamaan sebagai berikut :

$Rp = P(C/g)$ ..... (3.36)

P = Perbandingan kendaraan dalam gerakan kedatangan dari seluruh volume kelompok lajur saat fase hijau (%), diketahui berdasar hasil pengamatan di lapangan.

C = Panjang siklus (detik), dihitung berdasar waktu sinyal

g = Waktu hijau efektif untuk gerakan (detik), dihitung berdasarkan waktu sinyal.

Tabel 3.23 Uniform Delay (d_1) Adjustment Factor (DF)

CONTROLLER TYPE ADJUSMENT FACTOR (CF)		
CONTROLLER TYPE	NONCOORDINATED INTERSECTIONS	COORDINATED INTERSECTIONS
Premited (no traffic-actuated lane group)	1,00	PF as compute below
Semiactuated :		
Traffic-actuated lane groups	0,85	1,00
Nonactuated lane groups	0,85	PF as computed below
Fully actuated (all lane groups traffic-actuated)	0.85	Treat as semi actuated

PROGRESSION ADJUSMENTFACTOR (PF) PF = (1-P) fp / (1-g/C) (see Note)						
GREEN RATIO (g/C)	ARRIVAL TYPE (AT)					
	AT-1	AT-2	AT-3	AT-4	AT-5	AT-6
0,20	1,167	1,007	1,000	1,000	0,833	0,750
0,30	1,286	1,063	1,000	0,986	0,714	0,571
0,40	1,445	1,136	1,000	0,895	0,555	0,333
0,50	1,667	1,240	1,000	0,767	0,333	0,000
0,60	2,001	1,395	1,000	0,576	0,000	0,000
0,70	2,556	1,653	1,000	0,256	0,000	0,000
Default, *fP*	1,00	0,93	1,00	1,15	1,00	1,00
Default, *Rp*	0,333	0,667	1,000	1,333	1,667	2,000
Incremental delay calibration,(m)	8	12	16	12	8	4

Sumber : HCM 1994

Penetapan tingkat pelayanan pada persimpangan berhubungan dengan waktu tunggu (*delay*) untuk tiap kelompok lajur dihitung berdasarkan persamaan dibawah ini :

- Waktu tundaan seragam (*Uniform Delay*) = d_1 *DF

$$d_1 = \frac{0.38 * C * [\ 1 - (g/C)\ ]^2}{\{\ 1 - (g/C) * [\min (X.1,0)]\}} \qquad \text{.......................................(3.36)}$$

X= 1,0 jika X ≥ 1,0

dimana :

g = waktu hijau (det)

C = waktu siklus (det)

X = derajat kejenuhan (volume per kapasitas)

- bentuk kedua waktu tunggu (*Incremental Delay*)

$$d_2 = 173*X^2\{(X-1)+\sqrt{(X-1)^2+\frac{m*X}{c}} \quad \text{.....(3.37)}$$

dimana :

X = derajat kejenuhan (volume per kapasitas)

m = batas kalibrasi penambahan tundaan menunjukkan pengaruh dari tipe kedatangan dan derajat kumpulan

c = kapasitas dasar

- Waktu berhenti rata-rata kendaraan untuk masing-masing " lane group"(*Intersection Stopped Delay*)

$$d = d_1*DF + d_2 \quad \text{.....(3.38)}$$

dimana :

d_1 = uniform delay

DF = delay adjusment factor

d_2 = incremental delay

- Tundaan simpang total *(Intersection Total Delay)*

$$D = 1{,}3 * d \quad \text{.....(3.39)}$$

- Waktu perjalanan (*running time*)

-Volume

$$V_U = \frac{(M_S + O_U - P_U) * 60}{T_U + T_S} \quad \text{.....(3.40)}$$

$$V_S = \frac{(M_U + O_S - P_S) * 60}{T_U + T_S} \quad \text{.....(3.41)}$$

dimana :

T_U & T_S = waktu tempuh perjalanan per putaran

M_U & M_S = jumlah kendaraan yang berlawanan arah (opoosing)

O_U & O_S = jumlah kendaraan yang menyiap (overtake)

P_U & P_S = jumlah kendaraan yang disiap (passing)

V_U & V_S = volume (aliran) kendaraan

- Waktu tempuh rerata

$$\overline{T_U} = T_U - \frac{(O_U - P_U) * 60}{V_U} \quad \text{.....(3.42)}$$

$$\overline{T_S} = T_S - \frac{(O_S - P_S) * 60}{V_S} \quad \text{.....(3.43)}$$

dimana :

$\overline{T_U}$ & $\overline{T_S}$ = waktu tempuh perjalanan rerata

T_U & T_S = waktu tempuh perjalanan per putaran

O_U & O_S = jumlah kendaraan yang menyiap (overtake)

P_U & P_S = jumlah kendaraan yang disiap (passing)

V_U & V_S = volume (aliran) kendaraan

- Kecepatan (*arterial speed*)

$$\text{Kecepatan`} = \frac{3600 * (\text{jumlah panjang jalan})(\text{km})}{\text{jumlah waktu perjalanan (jam)}} \quad \text{.....(3.44)}$$

Tabel 3.24 Kriteria Tingkat Pelayanan Untuk Simpang Bersinyal

Level of Service	Tundaan Henti per Kendaraan (det.)
A	≤ 5.0
B	> 5.0 dan ≤ 15.0
C	> 15.0 dan ≤ 25.0
D	> 25.0 dan ≤ 40.0
E	> 40.0 dan ≤ 60.0
F	> 60.0

Sumber : HCM 1994

Tabel 3.25 Kriteria Tingkat Pelayanan Untuk Ruas Jalan

Level of Service	Klasifikasi Ruas Jalan		
	I	II	III
	Kecepatan Perjalanan Rata-rata (mph)		
A	≥ 35	≥ 30	≥ 25
B	≥ 28	≥ 24	≥ 19
C	≥ 22	≥ 18	≥ 13
D	≥ 17	≥ 14	≥ 9
E	≥ 13	≥ 10	≥ 7
F	< 13	< 10	< 7

Sumber : HCM 1994