

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal adalah suatu persimpangan yang terdiri dari beberapa lengan dan dilengkapi dengan pengaturan sinyal lampu lalu lintas (*traffic light*). Berdasarkan MKJI 1997, adapun tujuan penggunaan sinyal lampu lalu lintas (*traffic light*) pada persimpangan antara lain :

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 memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk memotong jalan utama.
3. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antar kendaraan dari arah yang bertentangan.

3.1.1 Kondisi geometri dan lingkungan

Kondisi geometri digambarkan dalam bentuk gambar sketsa yang memberikan informasi lebar jalan, lebar bahu, dan lebar median serta petunjuk arah untuk tiap lengan simpang, pendekat jalan untuk tiap lengan memiliki lebar 8 meter yang diukur dari garis henti.

Kondisi lingkungan jalan dibagi menjadi tiga tipe berdasar tata guna lahan yaitu tipe komersil, tipe pemukiman, tipe akses terbatas. Selain itu juga berhubungan dengan kelas ukuran kota dan tingkat hambatan samping.

3.1.2 Arus lalu lintas

Menurut MKJI 1997, arus lalu lintas (*traffic flow*) adalah jumlah kendaraan yang melintasi suatu titik pada penggal jalan tertentu pada interval waktu tertentu dan diukur dalam satuan kendaraan persatuan waktu (smp/jam).

Secara makroskopik arus lalu lintas dibagi menjadi empat, yaitu arus, volume, kecepatan, dan kerapatan. Data arus lalu lintas juga dibagi dalam tipe kendaraan, yaitu kendaraan tak bermotor (UM), sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV), dan kendaraan berat (HV). Arus lalu lintas juga dibagi berdasar tipe pergerakannya, yaitu belok kiri (Q_{LT}), lurus (Q_{ST}), dan belok kanan (Q_{RT}).

Tabel 3.1 Ekuivalen Penumpang (Emp)

Jenis Kendaraan	Emp untuk Tipe Pendekat	
	Pendekat Terlindung	Pendekat Terlawan
Kendaraan ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan berat (HV)	1,3	1,3
Kendaraan bermotor (MC)	0,2	0,4

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Untuk menghitung arus dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Q = Q_{LV} + Q_{HV} \times emp_{HV} + Q_{MC} \times emp_{MC} \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan :

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

Q_{LV} = Arus kendaraan ringan (kendaraan/jam)

Q_{HV} = Arus kendaraan berat (kendaraan/jam)

Q_{MC} = Arus sepeda motor (kendaraan/jam)

Emp_{HV} = Emp kendaraan berat

Emp_{MC} = Emp sepeda motor

Menurut Undang-Undang nomor 22 tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan sesuai Pasal 112 ayat tiga berbunyi “Pada persimpangan jalan yang dilengkapi alat pemberi isyarat lalu lintas, pengemudi kendaraan dilarang langsung berbelok kiri, kecuali ditentukan lain oleh rambu lalu lintas atau alat pemberi isyarat lalu lintas”.

Setiap pendekatan harus dihitung perbandingannya antara belok kiri dan belok kanan. Menghitung perbandingan rasio belok kiri (P_{LT}) dan perbandingan rasio belok kanan (P_{RT}) dapat menggunakan persamaan berikut :

$$P_{LT} = \frac{LT(\text{^smp/jam})}{Total(\text{^smp/jam})} \dots \dots \dots (3.2)$$

$$P_{RT} = \frac{RT(\text{^smp/jam})}{Total(\text{^smp/jam})} \dots \dots \dots (3.3)$$

Menurut MKJI 1997 semua arus lalu lintas (per arah dan total) diubah menjadi satuan mobil penumpang dengan menggunakan ekivalen mobil penumpang (emp). Tipe kendaraan dikategorikan menjadi empat jenis, yaitu :

1. Kendaraan ringan (LV) yaitu kendaraan bermotor ber as dua dengan 4 roda dengan jarak as 2,0 – 3,0 m (meliputi : mobil penumpang, oplet, mikrobis, *pick-up*, dan truk kecil sesuai system klasifikasi Bina Marga).
2. Kendaraan berat (HV) yaitu kendaraan bermotor dengan lebih dari 4 roda (meliputi : bis, truk 2 as, truk 3 as dan truk kombinasi sesuai system klasifikasi Bina Marga).

3. Sepeda motor (MC) yaitu kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda (meliputi : sepeda motor dan kendaraan roda 3 sesuai system klasifikasi Bina Marga).
4. Kendaraan tak bermotor (UM) yaitu kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh orang atau hewan (meliputi : sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong sesuai klasifikasi Bina Marga).

3.2 Penggunaan Sinyal

Penggunaan sinyal pada suatu simpang bertujuan untuk mengurangi kemacetan dan mencegah terjadinya konflik karena perpotongan jalan berlawanan. Untuk menghitung besarnya penggunaan sinyal pada suatu lalu lintas perlu memperhatikan beberapa aspek berikut :

3.2.1 Merah semua

Berdasarkan MKJI (1997) besarnya waktu merah semua dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(L_{EV} + I_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right] \dots \dots \dots (3.4)$$

Keterangan :

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

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

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

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.

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

Kecepatan kendaraan berangkat $V_{EV} = 10$ m/det (kendaraan bermotor)

$= 3$ m/det (kendaraan tak bermotor)

$= 1,2$ m/det (pejalan kaki)

Panjang kendaraan berangkat $I_{EV} = 5$ m (LV atau HV)

$= 2$ m (MC atau UM)

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

3.2.2 Menentukan waktu hilang

Menurut MKJI 1997 besarnya waktu yang hilang dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$L_{TI} = \Sigma \text{merah} + \Sigma \text{kuning} \dots \dots \dots (3.5)$$

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

3.3 Menentukan Waktu Sinyal

Waktu sinyal digunakan untuk mengontrol lalu lintas dari arah berlawanan. Proses tersebut mencakup pemilihan nilai waktu yang sesuai. Penentuan waktu sinyal ini perlu memperhatikan beberapa aspek sebagai berikut :

3.3.1 Tipe pendekat

Tipe pendekat berdasarkan MKJI 1997 dibedakan menjadi dua tipe yaitu :

1. Tipe terlindung (*protected*) yaitu arus berangkat tanpa konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan.
2. Tipe terlawan (*opposed*) yaitu arus berangkat dengan konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan.

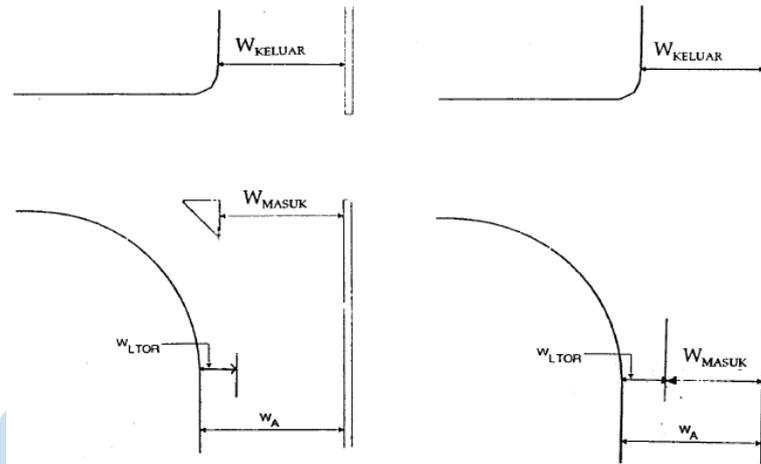
Pedoman untuk menentukan tipe pendekat pada lalu lintas dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut :

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 (Sumber : MKJI 1997)

3.3.2 Lebar pendekat

Lebar pendekat efektif dibedakan menjadi dua yaitu yang menggunakan pulau lalu lintas maupun tanpa pulau lalu lintas (Gambar 3.2) dan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :



Gambar 3.2 Tipe Pendekat dengan Pulau dan Tanpa Pulau Lalu Lintas (Sumber : MKJI 1997)

1. Untuk $W_{L\text{TOR}} \geq 2$ m

Dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan L_{TOR} dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan dalam pendekat selama sinyal merah. $Q_{\text{L\text{TOR}}}$ tidak dimasukkan dalam perhitungan waktu sinyal dan kapasitas pada (formulir SIG-IV) sehingga persamaan menjadi $Q = Q_{\text{ST}} + Q_{\text{RT}}$.

Lebar pendekat efektif dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$W_e = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} W_A - W_{L\text{TOR}} \\ W_{\text{masuk}} \end{array} \right. \dots\dots\dots(3.6)$$

Jika $W_{\text{keluar}} < W_e \times (1 - P_{\text{RT}})$, sebaiknya dinyatakan $W_e = W_{\text{keluar}}$ dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat dilakukan hanya untuk bagian lalu lintas lurus saja ($Q = Q_{\text{ST}}$) pada formulir SIG-IV.

2. Untuk $W_{L\text{TOR}} < 2$ m

Dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan L_{TOR} tidak dapat mendahului antrian kendaraan lainnya dalam pendekat selama sinyal merah. L_{TOR} disertakan pada perhitungan formulir SIG-IV.

Lebar pendekat efektif dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$W_e = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} WA \\ (W_{masuk} + W_{LTOR}) \\ (WA \times (1 + PLTOR) - W_{LTOR}) \end{array} \right. \dots\dots\dots(3.7)$$

Jika $W_{keluar} < W_e \times (1 - P_{RT})$, sebaiknya dinyatakan $W_e = W_{keluar}$ dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat dilakukan hanya untuk bagian lalu lintas lurus saja ($Q = Q_{ST}$) pada formulir SIG-IV.

3.3.3 Arus jenuh dasar

Arus jenuh dasar merupakan besarnya keberangkatan antrian di dalam pendekat selama kondisi ideal (smp/jam hijau). Arus jenuh dasar dapat dicari menggunakan persamaan berikut :

1. Untuk pendekat tipe P (arus terlindung)

Menurut MKJI 1997 arus jenuh dasar dihitung menggunakan persamaan :

$$S_0 = 600 \times W_e \text{ (smp/jam hijau)} \dots\dots\dots(3.8)$$

Munawar (2004) Dalam buku rekayasa dan manajemen lalu lintas (2014) menyarankan nilai arus jenuh menjadi:

$$S_0 = 780 \times W_e \text{ (smp/jam hijau)} \dots\dots\dots(3.9)$$

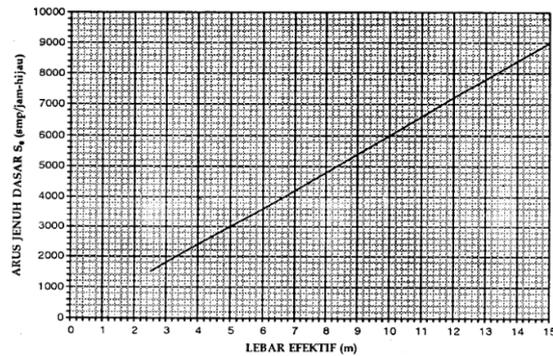
Keterangan :

S_0 = Arus jenuh dasar (smp/jam hijau)

W_e = Lebar pendekat (m)

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

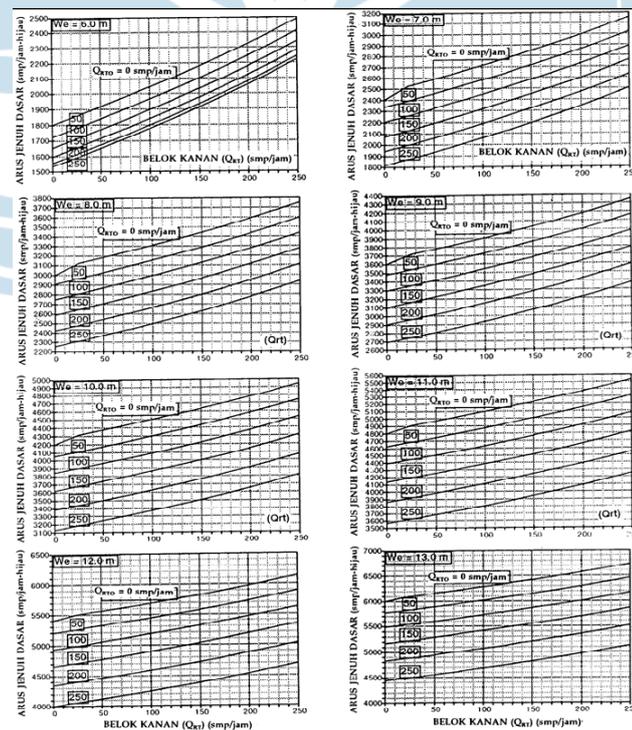
Atau dapat menggunakan Gambar 3.3 arus jenuh dasar tipe pendekat P :



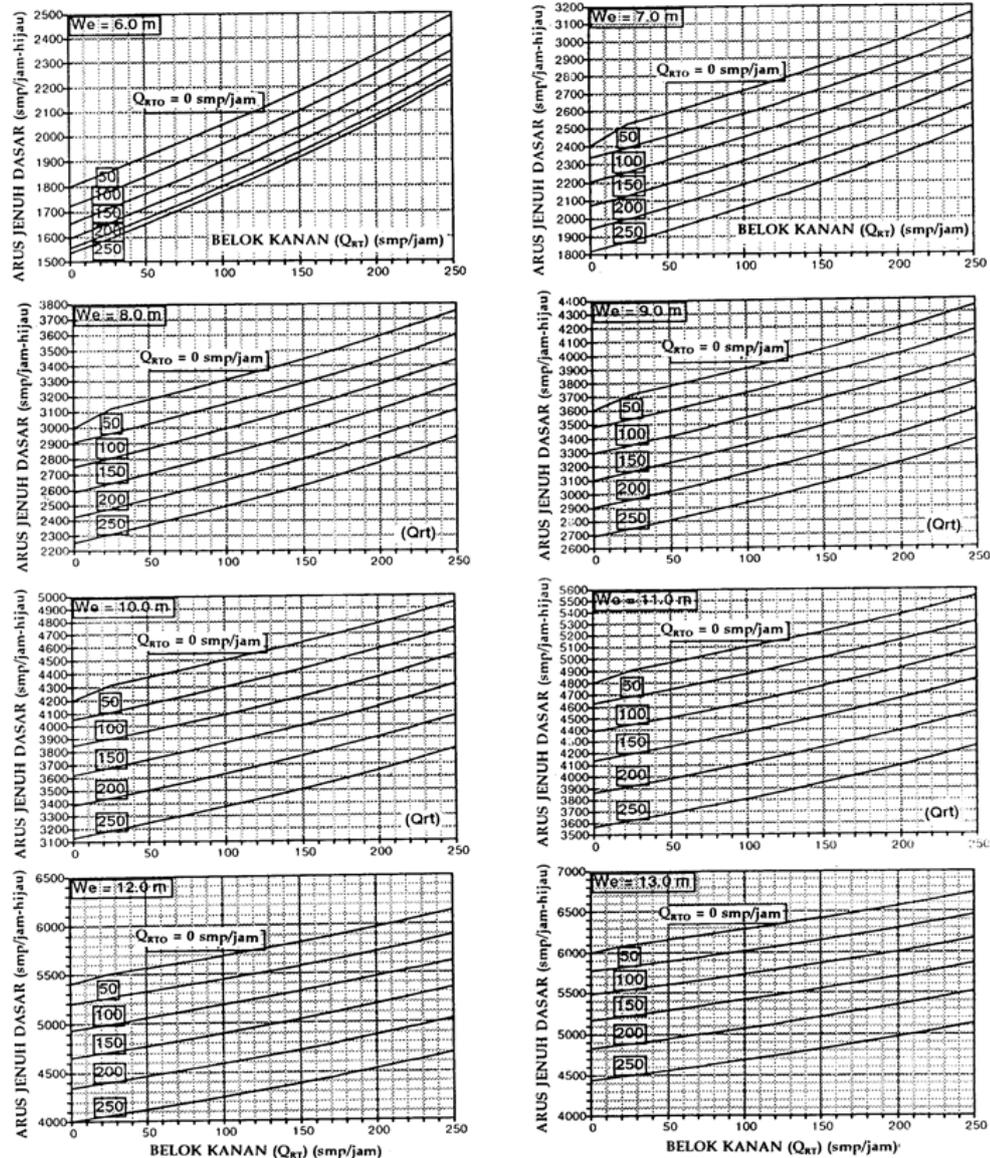
Gambar 3.3 Arus Jenuh Dasar untuk Pendekat Tipe P (Sumber : MKJI 1997)

2. Untuk pendekat tipe O (arus berangkat terlawan)

Arus jenuh dasar (S_0) ditentukan berdasarkan gambar 3.4 (untuk pendekat tanpa lajur belok kanan terpisah) dan dari Gambar 3.5 (untuk pendekat lajur belok kanan terpisah).



Gambar 3.4 S_0 untuk Pendekat Tanpa Lajur Belok Kanan Terpisah (Sumber : MKJI 1997)



Gambar 3.5 S₀ untuk Pendekat Lajur Belok Kanan Terpisah (Sumber : MKJI 1997)

3.3.4 Faktor penyesuaian

Penetapan faktor penyesuaian dilakukan untuk menormalkan arus yang terjadi akibat kurang efektif nya operator yang ada. Adapun faktor penyesuaian arus jenuh sebagai berikut :

1. Faktor koreksi penyesuaian ukuran kota

faktor koreksi arus jenuh berdasarkan ukuran kota dapat dilihat pada Tabel 3.2

berikut ini :

Tabel 3.2 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Jumlah 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 – 1,0	0,83
< 0,1	0,82

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2. Faktor koreksi penyesuaian gangguan samping

Faktor koreksi hambatan samping ditentukan pada Tabel 3.3 sebagai fungsi dari jenis lingkungan jalan, tingkat hambatan samping, dan rasio kendaraan bermotor dapat dilihat sebagai berikut :

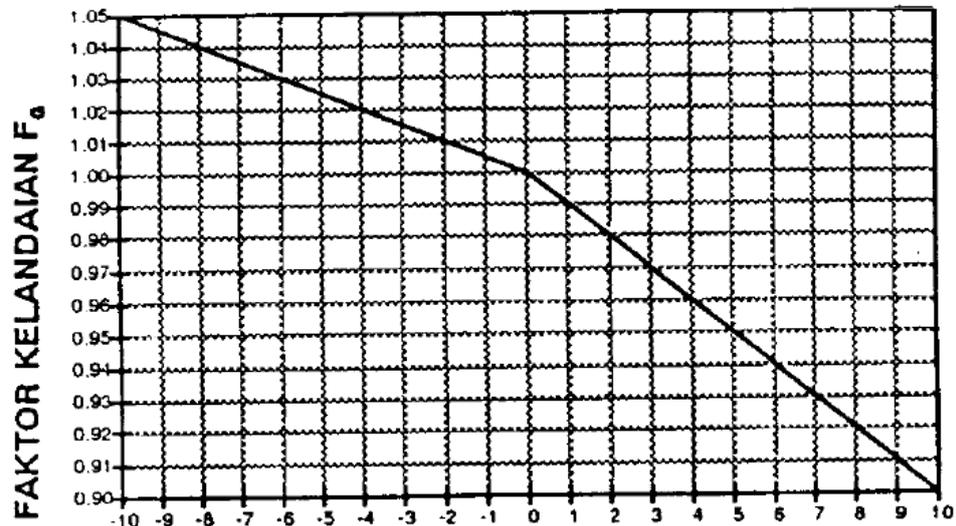
Tabel 3.3 Faktor Koreksi Hambatan Samping

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,7
		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 (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

3. Faktor koreksi penyesuaian kelandaian jalan

Faktor koreksi kelandaian jalan dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut :



Gambar 3.6 Faktor Koreksi Kelandaian Jalan (Sumber : MKJI 1997)

4. Faktor koreksi penyesuaian parkir

Faktor koreksi parkir dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$FP = [Lp/3 - (W_A - 2) \times (Lp/3 - g)/W_A]/g \dots \dots \dots (3.10)$$

Keterangan :

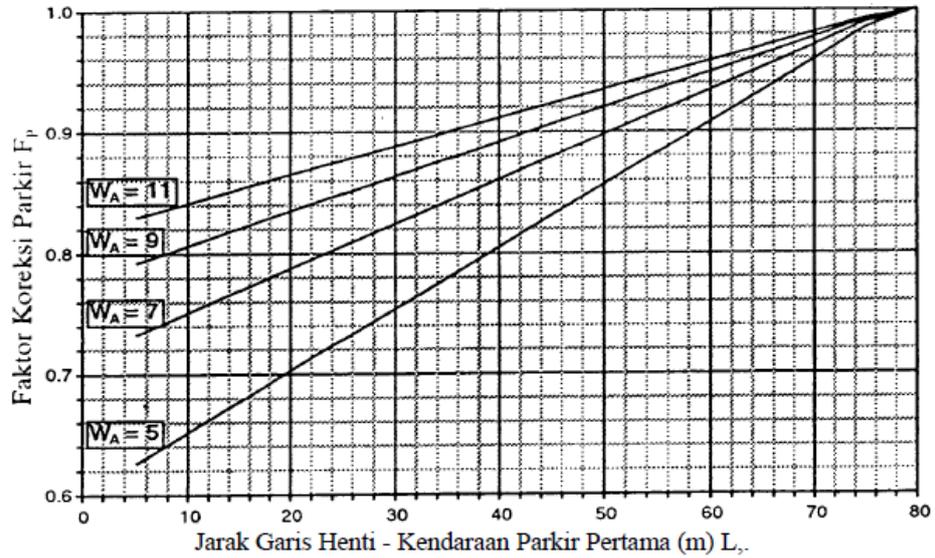
L_p = Jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m)
(atau panjang dari lajur pendek)

W_A = Lebar pendekat (m)

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

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

serta dapat ditentukan berdasarkan Gambar 3.7 berikut :



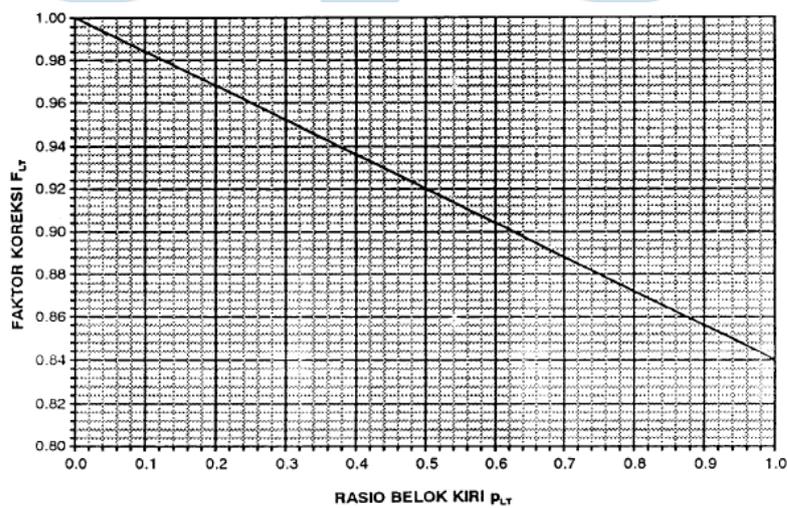
Gambar 3.7 Faktor Koreksi Parkir dan Laju Belok Kiri Pendek (Sumber : MKJI 1997)

5. Faktor koreksi belok kiri

Faktor koreksi belok kiri dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$F_{LT} = 1,0 - P_{LT} \times 0,16 \dots \dots \dots (3.11)$$

Serta dapat ditentukan menggunakan Gambar 3.8 berikut :



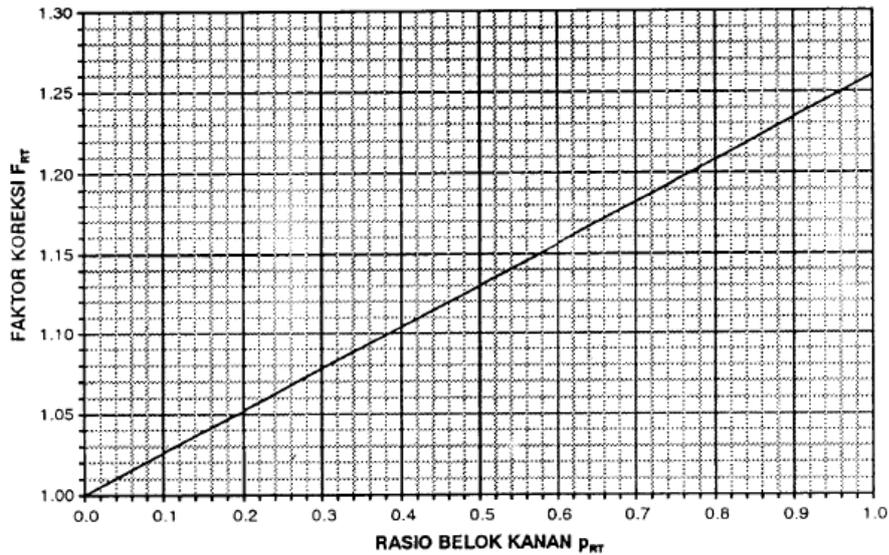
Gambar 3.8 Faktor Koreksi Belok Kiri (Sumber : MKJI 1997)

6. Faktor koreksi belok kanan

Faktor koreksi belok kanan dapat dihitung menggunakan persamaan :

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

Serta dapat ditentukan menggunakan Gambar 3.9 berikut :



Gambar 3.9 Faktor Koreksi Belok Kanan (Sumber : MKJI 1997)

3.3.5 Arus jenuh yang disesuaikan

Arus jenuh (S) menurut MKJI 1997 didefinisikan sebagai besarnya keberangkatan antrian didalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan dalam (smp/jam hijau).

Arus jenuh untuk simpang bersinyal dapat dihitung dengan persamaan :

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{LT} \times F_{RT} \dots \dots \dots (3.13)$$

Keterangan :

S = Arus jenuh (smp/waktu hijau efektif)

S_0 = Arus jenuh dasar (smp/waktu hijau efektif)

F_{CS} = Faktor koreksi arus jenuh akibat ukuran kota (jumlah penduduk)

F_{SF} = Faktor koreksi arus jenuh akibat gangguan samping

F_G = Faktor koreksi arus jenuh akibat kelandaian jalan

F_p = Faktor koreksi arus jenuh akibat kegiatan parkir

F_{LT} = Faktor koreksi arus jenuh akibat adanya pergerakan belok kiri

F_{RT} = Faktor koreksi arus jenuh akibat adanya pergerakan belok kanan

3.3.6 Rasio arus

Rasio arus (FR) merupakan perbandingan antara jumlah arus lalu lintas (smp/jam) dan arus jenuh nyata (smp/jam hijau). (MKJI, 1997).

Rasio arus dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$FR = Q/S \dots \dots \dots (3.14)$$

Keterangan :

FR = Rasio arus/arus jenuh

Q = Jumlah arus lalu lintas

S = Arus jenuh yang disesuaikan

Rasio arus simpang (IFR) sebagai jumlah dari nilai kritis (FR_{CRIT}) dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Dari dua nilai tersebut maka dapat diperoleh rasio fase untuk PR yang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

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

3.3.7 Waktu siklus dan waktu hijau

Waktu siklus adalah waktu yang diperlukan dari awal sampai akhir dari kegiatan. Waktu siklus dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu waktu siklus sebelum penyesuaian dan waktu siklus setelah penyesuaian. Waktu hijau adalah waktu nyala hijau dalam satu pendekat (det). Untuk menghitung waktu siklus dan waktu hijau dapat menggunakan persamaan berikut :

1. Waktu siklus sebelum penyesuaian.

Untuk menentukan waktu siklus dapat menggunakan persamaan :

$$C_{ua} = (1,5 \times L_{TI} + 5) / (1 - \Sigma FR_{crit}) \dots \dots \dots (3.17)$$

Keterangan :

C_{ua} = Waktu siklus sinyal (detik)

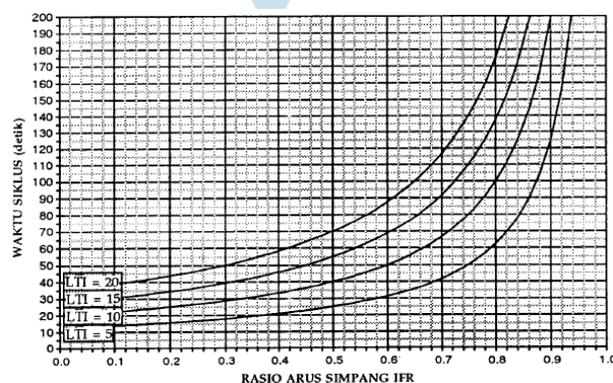
L_{TI} = Jumlah waktu hilang per siklus (detik)

FR = Arus dibagi dengan arus jenuh (Q/S)

FR_{crit} = Nilai FR tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal.

$\Sigma (FR_{crit})$ = jumlah FR_{crit} dari semua fase pada siklus tersebut

Serta dapat dicari menggunakan Gambar 3.10 berikut :



Gambar 3.10 Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian Sinyal (Sumber : MKJI 1997)

Apabila alternatif rencana fase sinyal dievaluasi, maka yang mengalami nilai terendah dari $(IFR + LTI/c)$ adalah yang paling efisien.

Tabel dibawah ini merupakan waktu silus yang disarankan untuk keadaan yang berbeda-beda :

Tabel 3.4 Waktu Siklus Berdasar Tipe Pengatur

Tipe Pengatur	Waktu Siklus Yang Layak (Detik)
Pengaturan dua fase	40 – 80
Pengaturan tiga fase	50 – 100
Pengaturan empat fase	80 – 130

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Waktu siklus yang lebih rendah dipakai untuk simpang dengan lebar < 10 m, nilai yang lebih tinggi untuk jalan yang lebih lebar. waktu siklus > 130 detik harus dihindari kecuali kondisi khusus (simpang sangat besar) karena sering kali menyebabkan kerugian dalam kapasitas keseluruhan.

Jika perhitungan menghasilkan waktu siklus yang jauh lebih tinggi daripada waktu siklus yang disarankan sesuai tabel, maka hal ini menandakan bahwa kapasitas dari denah simpang tersebut tidak mencukupi.

2. Waktu hijau.

Besarnya waktu hijau dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$g_i = ((C_{UA} - L_{TI}) \times PR_i) \dots \dots \dots (3.18)$$

Keterangan :

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (detik)

C_{UA} = Waktu siklus sinyal (detik)

L_{TI} = Jumlah waktu hilang per siklus (detik)

PR_i = Waktu hilang total per siklus (det)

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Waktu hijau yang kurang dari 10 harus dihindari, karena dapat mengakibatkan pelanggaran lampu merah yang berlebih dan kesulitan bagi pejalan kaki untuk menyeberang jalan.

3. Waktu siklus yang disesuaikan.

Waktu siklus yang disesuaikan (c) dihitung pada waktu hijau yang diperoleh dan juga waktu hilang. Besarnya waktu siklus yang disesuaikan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$c = \Sigma g + L_{TI} \dots \dots \dots (3.19)$$

Keterangan :

c = Waktu siklus yang disesuaikan (det)

Σg = Jumlah total waktu hijau (det)

L_{TI} = Waktu Hilang

3.3.8 Kapasitas

Kapasitas adalah kemampuan jalan atau simpang untuk menampung banyaknya jumlah kendaraan atau arus lalu lintas maksimum per satuan waktu.

Kapasitas dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ;

$$C = S x g/c \dots \dots \dots (3.20)$$

Keterangan :

C = Kapasitas (smp/jam)

S = Arus jenuh yang disesuaikan (smp/jam)

g = waktu hijau (smp/jam)

c = Waktu siklus (det)

3.3.9 Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan merupakan rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas.

Derajat kejenuhan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$DS = Q / C \dots \dots \dots (3.21)$$

Keterangan :

DS = Derajat kejenuhan

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

3.3.10 Rasio hijau

Besarnya rasio hijau dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$GR = g / c \dots \dots \dots (3.22)$$

Keterangan :

GR = Rasio hijau

g = Waktu hijau (det)

c = Waktu siklus disesuaikan (det)

3.4 Panjang Antrian

Panjang antrian adalah banyaknya kendaraan yang berada pada persimpangan tiap jalur saat nyala lampu merah (MKJI, 1997)

Besar nilai panjang antrian dicari menggunakan persamaan berikut ;

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots \dots \dots (3.23)$$

Keterangan :

NQ = Jumlah kendaraan henti

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

NQ_2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah

Besarnya panjang antrian yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ_1)

dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

Untuk $DS > 0,5$:

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \dots \dots \dots (3.24)$$

Untuk $DS < 0,5$: $NQ_1 = 0$

Keterangan :

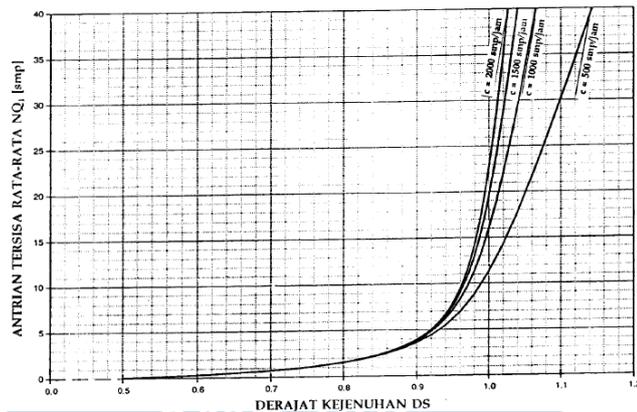
NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = Derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau

C = Kapasitas (smp/jam)

Juga dapat dicari menggunakan Gambar 3.11 berikut :



Gambar 3.11 Panjang Antrian yang Tersisa dari Fase Hijau Sebelumnya (NQ_1)
(Sumber : MKJI 1997)

Penentuan jumlah antrian yang datang selama fase merah (NQ_2) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

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

Keterangan :

NQ_2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = Derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau

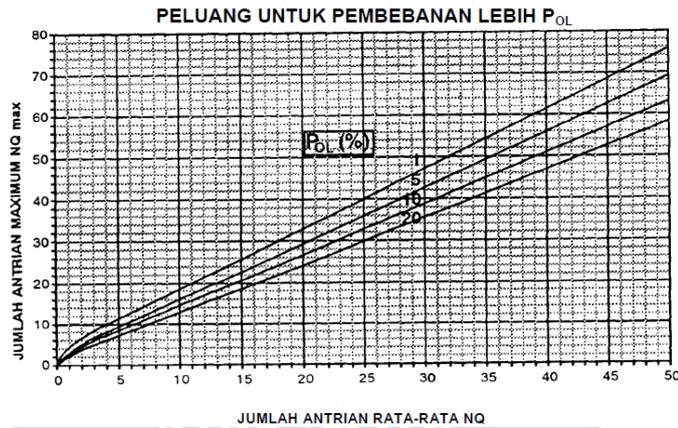
C = Waktu siklus (det)

Q_{masuk} = Arus lalu lintas pada tempat masuk diluar LTOR (smp/jam)

Untuk perancangan dan perencanaan disarankan $P_{OL} \leq 5\%$, untuk operasi suatu nilai $P_{OL} = 5 - 10 \%$ mungkin dapat diterima. Untuk menghitung panjang antrian dengan mengalihkan NQ_{MAX} dengan luas rata-rata yang dipergunakan (20m) dapat menggunakan persamaan berikut :

$$QL = \frac{NQ_{max} \times 20}{W_{masuk}} \dots \dots \dots (3.25)$$

ataupun dapat menggunakan Gambar 3.12 berikut ini :



Gambar 3.12 Perhitungan Jumlah Antrian (NQ_{Max}) Dalam Smp (Sumber : MKJI 1997)

3.5 Kendaraan Terhenti

Angka henti masing-masing pendekat yang didefinisikan sebagai jumlah berhenti rata-rata kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu simpang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \dots \dots \dots (3.26)$$

Keterangan :

NS = Angka henti

NQ = Panjang antrian pada suatu pendekat

c = Waktu siklus (det)

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

Jumlah kendaraan terhenti masing-masing pendekat dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini :

$$N_{SV} = Q \times NS \dots \dots \dots (3.27)$$

Angka hitung seluruh simpang dapat dicari dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total, ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$NS_{TOT} = \Sigma N_{SV} / Q_{TOT} \dots \dots \dots (3.28)$$

3.6 Tundaan

Tundaan adalah rata-rata waktu tunggu tiap kendaraan yang masuk dalam pendekat (MKJI, 1997). Tundaan pada persimpangan diklasifikasikan menjadi 2 jenis yaitu :

1. Tundaan lalu lintas (DT) adalah waktu menunggu yang disebabkan oleh intensitas lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang bertentangan. Tundaan lalu lintas dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$DT = c \times A + \frac{NQ \times 3600}{C} \dots \dots \dots (3.29)$$

Keterangan :

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

c = Waktu siklus yang disesuaikan (det)

$A = \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)}$

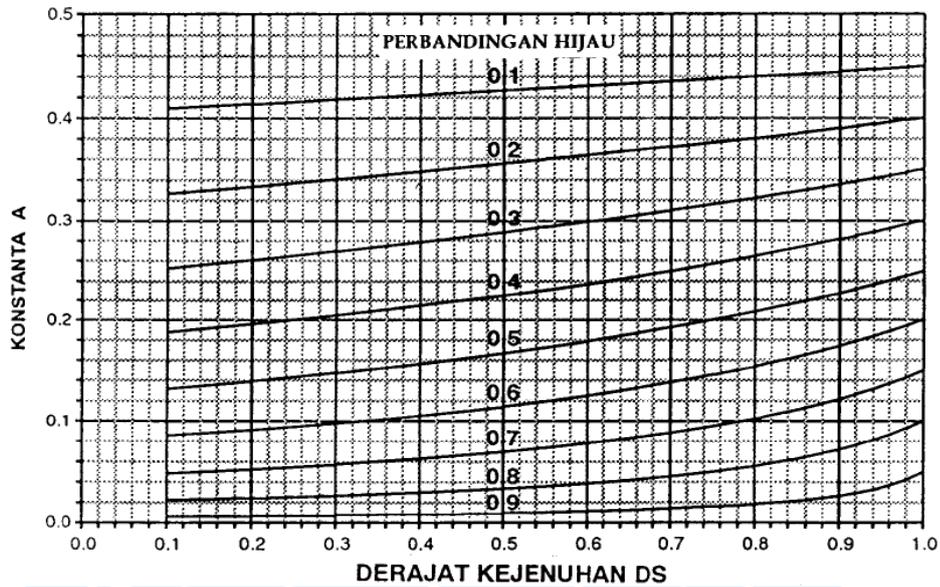
GR = Rasio hijau

DS = Derajat kejenuhan

NQ = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

C = Kapasitas (smp/jam)

Serta dapat dicari menggunakan Gambar 3.13 berikut :



Gambar 3.13 Tundaan Lalu Lintas Rata-Rata (DT) (Sumber : MKJI 1997)

2.7 Tundaan geometri (DG) disebabkan oleh perlambatan dan percepatan kendaraan yang membelok simpang atau terhenti karena berhenti. Besarnya angka tundaan geometrik pada pendekat dapat dicari menggunakan persamaan berikut ini :

$$DG_j = (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} \times 4) \dots \dots \dots (3.30)$$

Keterangan :

DG_j = Tundaan geometri rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

P_{SV} = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat

P_T = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat

Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (D_I) dapat dicari menggunakan persamaan berikut ini :

$$D_I = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{Tot}} \dots \dots \dots (3.31)$$

Keterangan :

D_I = Tundaan rata-rata seluruh simpang

$D_{GTOT} = D \times G$

Q = Arus lalu lintas

D = $DT + DG$

Q_{TOT} = Jumlah total arus lalu lintas

3.7 Kecepatan

Berdasarkan PP No 32 Tahun 2011 tentang manajemen dan rekayasa, analisis dampak, serta manajemen kebutuhan lalu lintas, kecepatan didefinisikan sebagai kemampuan untuk menempuh jarak tertentu dalam satuan waktu, dinyatakan dalam kilometer per jam. Kecepatan berdasarkan MKJI 1997 dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini :

1. Kecepatan *real* merupakan kecepatan yang diukur atau didapat melalui pengamatan dan perhitungan dilapangan. Kecepatan *real* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini :

$$V = L / TT \dots \dots \dots (3.32)$$

Keterangan :

V = Kecepatan (M/detik atau Km/Jam)

L = Panjang Segmen (M atau Km)

TT = Waktu tempuh (detik atau Jam)

2. Kecepatan rencana merupakan kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan suatu jalan. Kecepatan rencana dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

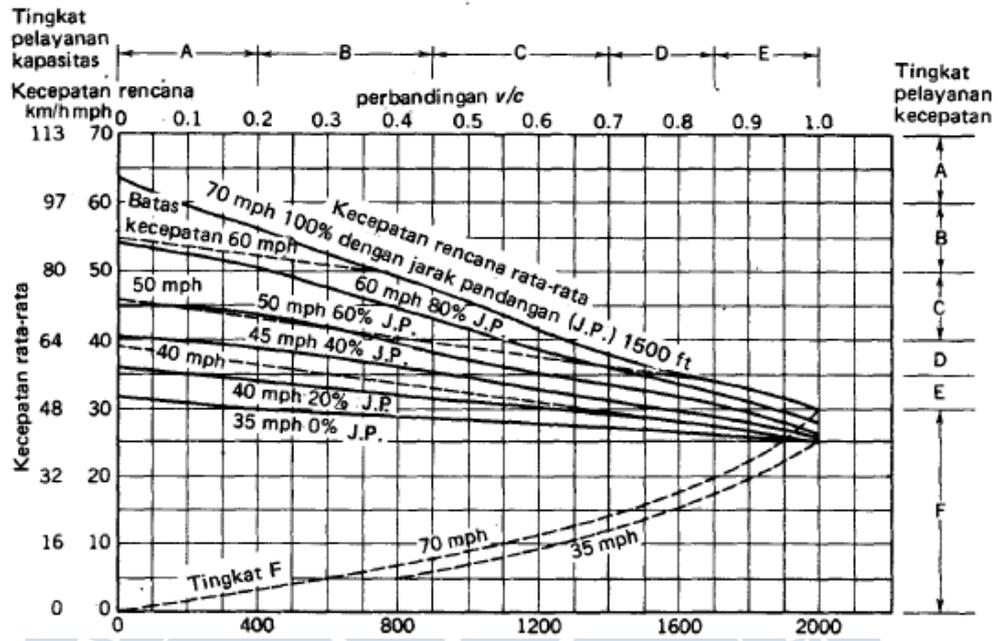
$$FV = (FVO + FVW) \times FFVS \times FFVCS \dots \dots \dots (3.33)$$

Keterangan :

FV	= Kecepatan arus bebas kendaraan ringan (km/jam)
FVo	= Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan (km/jam)
FVW	= Penyesuaian lebar jalur lalu-lintas efektif (km/jam)
FFVSF	= Faktor penyesuaian kondisi hambatan samping
FFVCS	= Faktor penyesuaian ukuran kota

3.8 Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan adalah ukuran kualitatif yang digunakan untuk menerangkan kondisi operasional dalam arus lalu-lintas dan penilaiannya oleh pemakai jalan (pada umumnya dinyatakan dalam kecepatan, waktu tempuh, kebebasan bergerak, interupsi lalu-lintas, keenakan, kenyamanan, dan keselamatan) (MKJI 1997). Tingkat pelayanan simpang di klasifikasikan berdasarkan kecepatan dan derajat jenuh dapat dilihat pada Gambar 3.14 berikut :



Gambar 3.14 Tingkat Pelayanan (Sumber : Oglesby, 1988, Teknik Jalan raya)