

2 BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Persimpangan (*Intersection*)

Berdasarkan MKJI 1997, persimpangan adalah pertemuan dua jalan atau lebih yang bersilangan. Umumnya simpang terdiri dari simpang bersinyal dan simpang tak bersinyal. Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan menggunakan ruang jalan pada persimpangan secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya. Persimpangan merupakan faktor-faktor yang paling penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan, khususnya di daerah perkotaan.

Persimpangan merupakan bagian penting dari jalan raya karena sebagian besar dari efisiensi, keamanan, kecepatan, biaya operasional dan kapasitas lalu lintas tergantung pada perencanaan persimpangan. Masalah masalah yang terkait pada persimpangan adalah:

- a. Volume dan kapasitas (secara langsung mempengaruhi hambatan)
- b. Perilaku lalu lintas dan panjang antrian.
- c. Kecepatan.
- d. Pengaturan lampu jalan.
- e. Kecelakaan dan keselamatan

Menurut E.K.Morlok (1991) jenis simpang berdasarkan cara pengaturannya dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu :

1. Simpang bersinyal (Signalised Intersection) adalah persimpangan jalan yang pergerakan atau arus lalu lintas dari setiap pendekatnya diatur oleh lampu sinyal untuk melewati persimpangan secara bergilir, Jadi pemakai jalan hanya boleh lewat pada saat sinyal lalu lintas menunjukkan warna hijau pada lengan simpangnya.

2. Simpang tak bersinyal (Unsignalised Intersection) adalah pertemuan jalan yang tidak menggunakan sinyal pada pengaturannya. Pada simpang ini pemakai jalan harus memutuskan apakah mereka cukup aman untuk melewati simpang atau harus berhenti dahulu sebelum melewati simpang tersebut.

2.1.1 Kapasitas Simpang

Kapasitas total untuk seluruh lengan simpang adalah hasil perkalian antara kapasitas dasar (C_0) yaitu kapasitas dalam kondisi tertentu (ideal) dan faktor-faktor penyesuaian (F), dengan memperhitungkan pengaruh kondisi lapangan terhadap kapasitas.

Kapasitas, dihitung dari rumus berikut :

$$C = C_0 \times F_W \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI}$$

Variabel-variabel masukan untuk perkiraan kapasitas (smp/jam) dengan menggunakan model tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Variabel-variabel Masukan Model Kapasitas

Tipe variable	Uraian variabel dan nama masukan	Faktor model	
Geometri	Tipe simpang	IT	
	Lebar rata-rata pendekat	W_1	F_W
	Tipe median jalan utama	M	F_M
Lingkungan	Kelas ukuran kota	CS	F_{CS}
	Tipe lingkungan jalan	RE	
	Hambatan samping	SF	
Lalu lintas	Rasio kendaraan tak bermotor	P_{UM}	F_{RSU}
	Rasio belok-kiri	P_{LT}	F_{LT}
	Rasio belok-kanan	P_{RT}	F_{RT}
	Rasio arus jalan minor Q_{MI}/Q_{TOT}		F_{MI}

Sumber: MKJI (1997)

2.1.2 Tingkat Kinerja Simbang

Panjang Antrian

Jumlah antrian smp (NQ_1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya, dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

Untuk $DS > 0,5$:

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

Untuk $DS \leq 0,5$: $NQ_1 = 0$

dimana:

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya.

DS = Derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau (g/c)

C = Kapasitas (smp/ jam)

Jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2) dihitung dengan menggunakan rumus seperti berikut:

$$NQ_2 = C \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

dimana:

NQ_2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = Derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau (g/c)

C = Waktu siklus (det)

Q_{MASUK} = Arus lalulintas pada tempat masuk di luar LTOR (smp/jam)

Jumlah total kendaraan antri:

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

Nilai NQ perlu untuk disesuaikan dalam hal dalam hal peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih $P_{OL} < 5\%$ untuk operasi, suatu operasi nilai $P_{OL} = 5\%$ s/d 10% mungkin dapat diterima.

Panjang antrian (QL) pada masing-masing kaki persimpangan:

$$QL = NQ_{MAX} \times \frac{20}{W_{max}}$$

dimana:

QL = Panjang antrian (m)

NQ_{MAX} = Jumlah antrian yang disesuaikan (smp)

20 = Asumsi luas rata-rata yang dipergunakan per smp.

W_{MAX} = Lebar pendekat masuk

2.1.3 Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan untuk seluruh simpang, (DS), dihitung sebagai berikut :

$$DS = Q_{smp} \times C$$

dimana :

Q_{smp} = Arus total (smp/jam) dihitung berikut :

$$Q_{smp} = Q_{kend} \times F_{smp}$$

F_{smp} = Faktor smp, dihitung sebagai berikut :

$$F_{smp} = (emp_{LV} \times LV\% + emp_{HV} \times HV\% + emp_{MC} \times MC\%) / 100$$

Dimana emp_{LV} , $LV\%$, emp_{HV} , $HV\%$, emp_{MC} dan $MC\%$ adalah emp dan komposisi lalu lintas untuk kendaraan ringan, kendaraan berat dan sepeda motor.

C = Kapasitas (smp/jam)

2.1.4 Tundaan (*delay*)

Tundaan pada simpang dapat terjadi karena 2 sebab :

- 1) Tundaan lalu-lintas (DT) akibat interaksi lalu-lintas dengan gerakan yang lain dalam simpang.
- 2) Tundaan geometrik (DG) akibat perlambatan dan percepatan kendaraan yang terganggu dan tak terganggu.

Tundaan lalu-lintas seluruh simpang (DT), jalan minor (DT_{MI}) dan jalan utama (DT_{MA}), ditentukan dari kurva tundaan empiris dengan derajat kejenuhan sebagai variable bebas.

Tundaan geometric (DG) dihitung dengan rumus :

Untuk $DS < 1,0$:

$$DG = (1-DS) \times \{P_I \times 6 + (1-P_T) \times 3\} + DS \times 4 \text{ (det/smp)}$$

Untuk $DS > 1,0$; $DG = 4$

Dimana

DS = Derajat kejenuhan.

P_T = Rasio arus belok terhadap arus total.

6 = Tundaan geometrik normal untuk kendaraan belok yang tak terganggu (det/smp).

4 = Tundaan geometrik normal untuk kendaraan yang terganggu (det/smp).

Tundaan lalu lintas simpang (simpang tak bersinyal, simpang bersinyal dan bundaran) dalam manual adalah berdasarkan anggapan-anggapan sebagai berikut :

- kecepatan referensi 40 km/jam.
- kecepatan belok kendaraan tak berhenti 10 km/jam.
- tingkat percepatan dan perlambatan 1,5 m/det²
- kendaraan berhenti mengurangi kecepatan untuk menghindari tundaan perlambatan, sehinggananya menimbulkan tundaan percepatan.

2.1.5 Lampu Lalulintas (*Traffic Light*)

Lampu lalulintas (*Traffic Light*) yang dijadikan kriteria bahwa suatu persimpangan sudah harus dipasang alat pemberi isyarat lalu lintas menurut Ditjen. Perhubungan Darat, 1998 adalah:

1. Arus minimal lalu lintas yang menggunakan persimpangan rata – rata diatas 750 kendaraan/jam, terjadi secara kontinu 8 jam sehari.
2. Waktu tunggu atau hambatan rata – rata kendaraan di persimpangan melampaui 30 detik.

3. Persimpangan digunakan oleh rata – rata lebih dari 175 pejalan kaki/jam terjadi secara kontinu 8 jam sehari.
4. Sering terjadi kecelakaan pada persimpangan yang bersangkutan.
5. Pada daerah yang bersangkutan dipasang suatu sistem pengendalian lalu lintas terpadu (*Area Traffic Control / ATC*), sehingga setiap persimpangan yang termasuk di dalam daerah yang bersangkutan harus dikendalikan dengan alat pemberi isyarat lalu lintas.

Syarat – syarat yang disebut di atas tidak baku dan dapat disesuaikan dengan situasi dan kondisi setempat.

Persimpangan bersinyal umumnya dipergunakan dengan beberapa alasan antara lain:

1. Menghindari kemacetan simpang, mengurangi jumlah kecelakaan akibat adanya konflik arus lalu lintas yang saling berlawanan, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak.
2. Untuk memberi kesempatan kepada para pejalan kaki agar dapat menyebrang dengan aman.

Cara perhitungan siklus lampu lalu lintas:

1. Waktu Siklus

Waktu siklus sebelum penyesuaian (C_{ua})

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

Dimana:

$$C_{ua} = \text{Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)}$$

LTI = Waktu hilang per siklus (det)

IFR = Rasio arus simpang L (FRcrit)

Jika alternative rencana fase sinyal dievaluasi, maka yang menghasilkan nilai terendah dari (IFR + LTI / c) adalah yang paling efisien.

2. Waktu Hijau

Waktu hijau pada masing-masing fase:

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

dimana :

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)

C_{ua} = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)

LTI = Waktu total hilang per siklus (det)

PR_i = Rasio fase $FR_{crit} / \sum (FR_{crit})$

3. Waktu Siklus yang disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan (c) berdasarkan pada waktu hijau dan waktu hilang (LTI) yang diperoleh dan telah dibulatkan.

$$c = \sum g + LTI \text{ (detik)}$$

4. Kapasitas

Kapasitas (C) dari masing-masing pendekat adalah:

$$C = S \times g / c \text{ (detik)}$$

dimana:

C = Kapasitas (smp/jam)

S = Arus jenuh (smp/jam)

g = Waktu hijau (detik)

c = Waktu siklus (detik)

2.2 Pengaturan Persimpangan

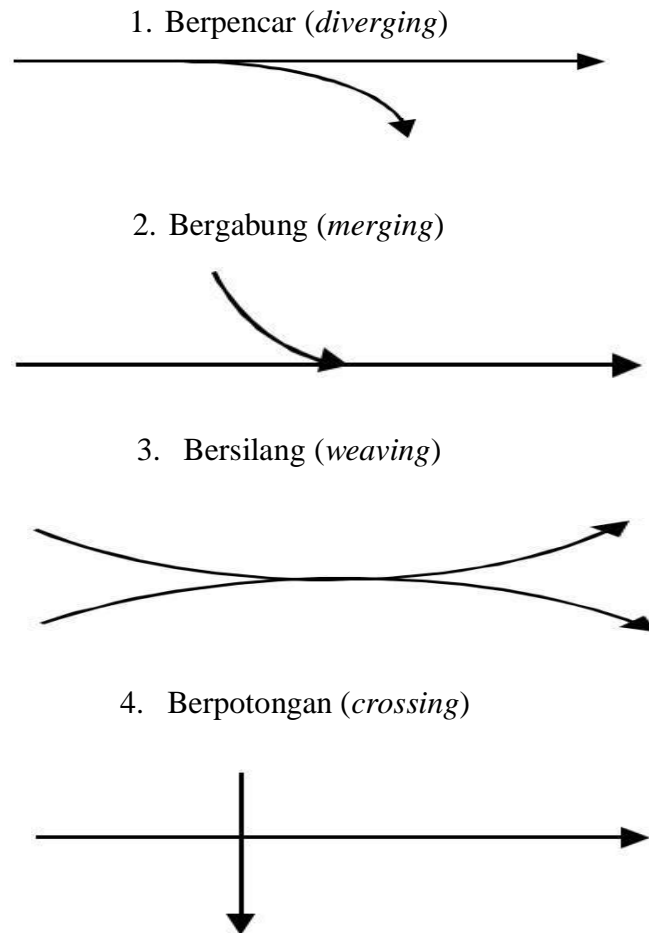
Pengaturan persimpangan dilihat dari segi pandang untuk control kendaraan dapat dibedakan menjadi dua (Morlok,1991) yaitu:

1. Persimpangan tanpa sinyal, dimana pengemudi kendaraan sendiri yang harus memutuskan apakah aman untuk memasuki persimpangan itu.
2. Persimpangan dengan sinyal, dimana persimpangan itu diatur sesuai sistem dengan tiga aspek lampu yaitu merah, kuning, dan hijau.

Yang dijadikan kriteria bahwa suatu persimpangan sudah harus dipasang alat pemberi isyarat lalu lintas menurut Ditjen. Perhubungan Darat, 1998 adalah:

1. Arus minimal lalu lintas yang menggunakan persimpangan rata – rata diatas 750 kendaraan/jam, terjadi secara kontinu 8 jam sehari.
2. Waktu tunggu atau hambatan rata – rata kendaraan di persimpangan melampaui 30 detik.
3. Persimpangan digunakan oleh rata – rata lebih dari 175 pejalan kaki/jam terjadi secara kontinu 8 jam sehari.
4. Sering terjadi kecelakaan pada persimpangan yang bersangkutan.

Tujuan utama perencanaan simpang adalah mengurangi konflik antara kendaraan bermotor serta tidak bermotor (gerobak, sepeda) dan penyediaan fasilitas yang memberikan kemudahan, kenyamanan, dan keselamatan terhadap pemakai jalan yang melalui persimpangan. Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1997) terdapat empat jenis dasar dari alih gerak kendaraan yang berbahaya seperti berikut:



Gambar 2.1 Pergerakan lalu lintas pada persimpangan

Karakteristik persimpangan tak bersinyal diterapkan dengan maksud sebagai berikut:

1. Pada umumnya digunakan di daerah pemukiman perkotaan dan daerah pedalaman untuk persimpangan antara jalan setempat yang arus lalu lintasnya rendah.
2. Untuk melakukan perbaikan kecil pada geometrik simpang agar dapat mempertahankan tingkat kinerja lalu lintas yang diinginkan.

Dalam perencanaan simpang tak bersinyal diasarankan sebagai berikut:

1. Sudut simpang harus mendekati 90° demi keamanan lalu lintas.

2. Harus disediakan fasilitas agar gerakan belok kiri dapat dilepaskan dengan konflik yang terkecil terhadap gerakan kendaraan lain.
3. Lajur terdekat dengan kerb harus lebih lebar dari yang biasa untuk memberikan ruang bagi kendaraan bermotor.
4. Lajur membelok yang terpisah sebaiknya di rencanakan menjauhi garis utama lalu lintas, panjang lajur membelok harus mencukupi untuk mencegah antrian terjadi pada kondisi arus tinggi yang dapat menghambat pergerakan pada lajur terus.
5. Pulau lalu lintas tengah harus digunakan bila lebar jalan lebih dari 10 m untuk memudahkan pejalan kaki menyebrang
6. Jika jalan utama memiliki median, sebaiknya paling sedikit lebarnya 3 – 4 m, untuk memudahkan kendaraan dari jalan kedua menyeberang dalam 2 langkah (tahap).
7. Daerah konflik simpang sebaiknya kecil dan dengan lintasan yang jelas bagi gerakan yang berkonflik.

2.3 Prosedur Perhitungan Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal

Secara lebih rinci, prosedur perhitungan analisis kinerja simpang tak bersinyal meliputi formulir – formulir yang digunakan untuk mengetahui kinerja simpang pada simpang tak bersinyal sebagai berikut.:

1. Formulir USIG-I Geometri dan arus lalu lintas
2. Formulir USIG-II analisis mengenai lebar pendekat dan tipe persimpangan, kapasitas dan perilaku lalu lintas.

2.3.1 Data Masukan

Pada tahap ini akan diuraikan secara rinci tentang kondisi – kondisi yang diperlukan untuk mendapatkan data masukan dalam menganalisis simpang tak bersinyal di antaranya adalah:

1. Kondisi Geometrik

Sketsa pola geometrik jalan yang dimasukkan ke dalam formulir USIG-I. Harus dibedakan antara jalan utama dan jalan minor dengan cara pemberian nama untuk simpang lengan tiga, jalan yang menerus selalu dikatakan jalan utama. Pada sketsa jalan harus diterangkan dengan jelas kondisi geometrik jalan yang dimaksud seperti lebar jalan, lebar bahu, dan lain – lain.

2. Kondisi lalu lintas

Kondisi lalu lintas yang dianalisa ditentukan menurut Arus Jam Rencana atau Lalu Lintas Harian Rata – Rata Tahunan dengan faktor k yang sesuai untuk konversi LHRT menjadi arus per jam. Pada survei tentang kondisi lalu lintas ini, sketsa mengenai arus lalu lintas sangat diperlukan terutama jika akan merencanakan perubahan sistem pengaturan simpang dari tak bersinyal ke simpang bersinyal maupun sistem satu arah.

3. Kondisi lingkungan

Berikut data kondisi lingkungan yang dibutuhkan dalam perhitungan:

1. Kelas ukuran kota

Yaitu ukuran besarnya jumlah penduduk yang tinggal dalam suatu daerah perkotaan seperti pada Tabel 2.1

Tabel 2. 2 Kelas ukuran kota

Ukuran Kota	Jumlah Penduduk (juta)
Sangat Kecil	$< 0,1$
Kecil	$0,1 \leq X < 0,5$
Sedang	$0,5 \leq X < 1,0$
Besar	$1,0 \leq X < 3,0$
Sangat Besar	$\geq 3,0$

Sumber: MKJI (1997)

2. Tipe Lingkungan Jalan

Lingkungan jalan diklasifikasikan dalam kelas menurut tata guna lahan dan aksesibilitas jalan tersebut dari aktifitas sekitarnya hal ini ditetapkan secara kualitatif dari pertimbangan teknik lalu lintas dengan buatan Tabel 2.2

Tabel 2. 3 Tipe Lingkungan Jalan

Komersial	Tata guna lahan komersial (misalnya pertokoan, rumah makan, perkantoran) dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
Pemukiman	Tata guna lahan tempat tinggal dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
Akses Terbatas	Tanpa jalan masuk atau jalan masuk langsung terbatas (misalnya karena adanya penghalang fisik, jalan samping dsb).

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (1997)

3. Kelas hambatan samping

Hambatan samping adalah dampak terhadap perilaku lalu lintas akibat kegiatan sisi jalan seperti pejalan kaki, penghentian angkot dan kendaraan lainnya, kendaraan masuk dan keluar sisi jalan dan kendaraan lambat.

Hambatan samping ditentukan secara kualitatif dengan teknik lalu lintas sebagai tinggi, sedang atau rendah.

Menurut MKJI 1997, hambatan samping disebabkan oleh empat jenis kejadian yang masing-masing memiliki bobot pengaruh yang berbeda terhadap kapasitas, yaitu:

- Pejalan kaki : bobot = 0,5
- Kendaraan parker/berhenti : bobot = 1,0
- Kendaraan keluar/masuk : bobot = 0,7
- Kendaraan tak bermotor : bobot = 0,4

Tabel 2. 4 Kelas hambatan samping untuk jalan perkotaan

Kelas Hambatan Samping (S_{FC})	Kode	Jumlah berbobot kejadian per 200m/jam (dua sisi)	Kondisi Khusus
Sangat Rendah	VL	<100	Daerah pemukiman ; jalan dengan jalan samping
Rendah	L	100 - 29	Daerah pemukiman ; beberapa kendaraan umum dsb
Sedang	M	300 – 499	Daerah industri ; beberapa toko di sisi jalan
Tinggi	H	500 -899	Daerah komersil, aktifitas sisi jalan tinggi
Sangat Tinggi	VH	>900	Daerah komersil dengan aktifitas pasar di samping jalan

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (1997)

2.3.2 Prosedur Perhitungan Arus Lalu Lintas Dalam Satuan Mobil

Penumpang (smp)

Klasifikasi data arus lalu lintas per jam masing – masing gerakan di konversi ke dalam smp/jam dilakukan dengan mengalikan smp yang tercatat pada Tabel 2.5

Tabel 2. 5 Konversi kendaraan terhadap satuan mobil penumpang

Jenis Kendaraan	Ekivalensi Mobil Penumpang (emp)
Kendaraan berat (HV)	1,3
Kendaraan ringan (LV)	1,0
Sepeda motor (MC)	0,5

Sumber: MKJI(1997)

2.3.3 Perhitungan Rasio Belok dan Rasio Arus Jalan Minor

1. Perhitungan rasio belok kiri

$$P_{LT} = \frac{A_{LT} + B_{LT} + C_{LT} + D_{LT}}{A + B + C + D}$$

2. Perhitungan rasio belok kanan

$$P_{RT} = \frac{A_{RT} + B_{RT} + C_{RT} + D_{RT}}{A + B + C + D}$$

3. Perhitungan rasio arus jalan minor

$$P_{MI} = \frac{A + C}{A + B + C + D}$$

4. Perhitungan arus total

$$Q_{TOT} = A+B+C+D$$

A, B, C, D menunjukkan arus lalu lintas dalam smp/jam.

5. Hitung arus jalan minor total (Q_{MI}) yaitu jumlah seluruh arus pada pendekat A dan C dalam smp/jam dan masukkan hasilnya pada formulir USIG-I baris 10, kolom 10.
6. Hitung arus jalan utama (Q_{MA}) yaitu jumlah seluruh arus pada pendekatan B dan D dalam smp/jam dan masukkan hasilnya pada formulir USIG-I baris 19, kolom 10.
7. Hitung arus jalan minor + utama total untuk masing-masing gerakan (belok kiri Q_{LT} , lurus Q_{ST} dan belok kanan Q_{RT}) demikian juga Q_{TOT} secara keseluruhan dan masukkan hasilnya pada formulir USIG-I baris 20,21,22 dan 23, kolom 10.
8. Perhitungan rasio arus minor P_{MI} yaitu arus jalan minor dibagi arus total dan dimasukkan hasilnya pada formulir USIG-I

$$P_{MI} = Q_{MI}/Q_{TOT} \quad (2.7)$$

Dimana:

P_{MI} = Rasio arus jalan minor.

Q_{MI} = Volume arus lalu lintas pada jalan minor.

Q_{TOT} = Volume arus lalu lintas pada persimpangan.

9. Perhitungan rasio arus belok kiri dan belok kanan (P_{LT} , P_{RT})

$$P_{LT} = Q_{LT}/Q_{TOT} ; P_{RT} = Q_{RT}/Q_{TOT} \quad (2.8)$$

Dimana:

P_{LT} = Rasio kendaraan belok kiri.

Q_{LT} = Arus kendaraan belok kiri.

Q_{TOT} = Volume arus lalu lintas pada persimpangan.

P_{RT} = Rasio kendaraan belok kanan.

Q_{RT} = Arus kendaraan belok kanan.

10. Perhitungan rasio antara arus kendaraan tak bermotor dengan bermotor dinyatakan dalam kendaraan/jam.

$$P_{UM} = Q_{UM}/Q_{TOT} \quad (2.9)$$

Dimana:

P_{UM} = Rasio kendaraan tak bermotor.

Q_{UM} = Arus kendaraan tak bermotor.

Q_{TOT} = Volume arus lalu lintas pada persimpangan.

2.3.4 Kapasitas

Kapasitas adalah kemampuan suatu ruas jalan melewatkan arus lalu lintas secara maksimum. Kapasitas total untuk seluruh pendekat simpang adalah hasil perkalian antara kapasitas dasar (C_0) untuk kondisi tertentu (ideal) dan faktor – faktor penyesuaian (F), dengan memperhitungkan pengaruh kondisi sesungguhnya terhadap kapasitas.

Kapasitas dihitung dari rumus berikut:

$$C = C_0 \times F_w \times F_m \times F_{cs} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \dots (1)$$

Dimana:

C = Kapasitas (smp/jam)

C_0 = Nilai Kapasitas Dasar (smp/jam)

F_w = Faktor koreksi lebar masuk

F_m = Faktor koreksi median jalan utama

F_{cs} = Faktor koreksi ukuran kota

F_{RSU} = Faktor koreksi tipe lingkungan dan hambatan samping

F_{LT} = Faktor koreksi persentase belok kiri

F_{RT} = Faktor koreksi persentase belok kanan

F_{MI} = Faktor koreksi rasio arus jalan minor.

a. Lebar Pendekatan dan Tipe Simpang

Pengukuran lebar pendekat dilakukan pada jarak 10 meter dari garis imajiner yang menghubungkan jalan yang berpotongan, yang dianggap sebagai mewakili lebar pendekat efektif untuk masing masing pendekat. Perhitungan lebar pendekat rata – rata adalah jumlah lebar pendekat pada persimpangan dibagi dengan jumlah lengan yang terdapat pada simpang tersebut parameter geometrik berikut diperlukan untuk analisa kapasitas.

1. Lebar rata – rata pendekatan minor dan utama WC, WBC dan lebar rata – rata pendekat W_I (Simpang tiga lengan)

Perhitungan lebar rata – rata pendekat pada jalan minor dan jalan utama

$$WAC = (WA + WC) / 2 ; WBD = (WB+WD) / 2.....(2)$$

Dimana :

WC = Lebar pendekat jalan minor.

WBD = Lebar pendekat jalan mayor.

WI = Lebar pendekat jalan rata – rata.

2. Perhitungan lebar rata – rata pendekat.

$$WI = (WA + WC + WB + WD) / \text{jumlah lengan simpang}$$

Tabel 2. 6 Kode tipe simpang

Kode simpang	Jumlah lengan simpang	Jumlah lajur jalan minor	Jumlah lajur jalan utama
322	3	3	3
324	3	2	4
342	3	4	2
422	4	2	2
424	4	2	4

Sumber: MJKI (1997)

b. Kapasitas Dasar (Co)

Nilai kapasitas dasar ditentukan menurut tipe persimpangan berdasarkan

Tabel 2.5 dibawah ini:

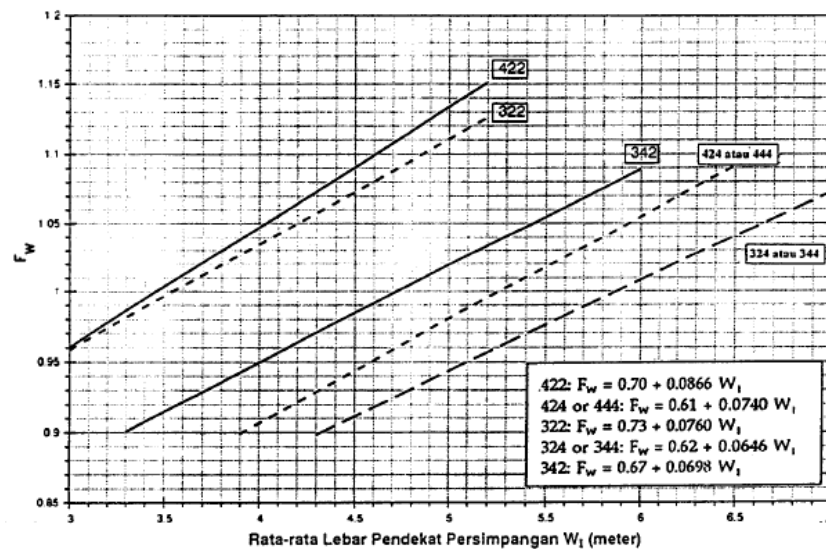
Tabel 2. 7 Kapasitas dasar

Tipe Persimpangan	Kapasitas Dasar (Co) smp/jam
322	2700
342	2900
324 atau 344	3200
422	2900
424 atau 444	3400

Sumber. MKJI (1997)

c. Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat (Fw)

Penyesuaian lebar pendekat diperoleh dari Gambar, dan dimasukkan dalam formulir USIG-II. Variabel masukan adalah lebar rata – rata pendekat persimpangan W_1 dan tipe persimpangan IT. Batas – batas waktu nilai yang diberikan dalam Gambar adalah batas nilai untuk dasar empiris dari manual.



Gambar 2.2 Faktor penyesuaian lebar pendekat

Sumber: MKJI (1997)

d. Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama (FM)

Faktor penyesuaian ini hanya digunakan untuk jalan utama dengan 4 lajur.

Variabel masukan adalah tipe median jalan utama.

Tabel 2. 8 Faktor penyesuaian median jalan utama

Uraian	Tipe M	Faktor koreksi median (Fm)
Tidak ada median jalan utama	Tidak ada	1,00
Ada median jalan utama, lebar < 3m	Sempit	1,25
Ada median jalan utama, lebar > 3m	Lebar	1,20

Sumber: MJKI (1997)

e. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)

Besarnya jumlah penduduk suatu kota akan mempengaruhi karakteristik perilaku pengguna jalan dan jumlah kendaraan yang ada. Faktor penyesuaian ukuran kota dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 2. 9 Faktor penyesuaian ukuran kota (Fcs)

Ukuran Kota (Cs)	Jumlah Penduduk Kota (juta jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)
Sangat kecil	≤ 0.1	0,82
Kecil	$0,1 \leq X < 0,5$	0,88
Sedang	$0,5 \leq X < 1,0$	0,94

Besar	$1,0 \leq X < 3,0$	1,00
Sangat besar	$\geq 3,0$	1,05

Sumber: MKJI (1997)

f. Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan

Hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (F_{SF}), faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor, FR_{SU} dihitung dengan menggunakan Tabel 2.7. Variabel masukan adalah tipe lingkungan jalan (RE), kelas hambatan samping (SF) dan rasio kendaraan tak bermotor (PUM).

Tabel 2. 10 Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (FR_{SU})

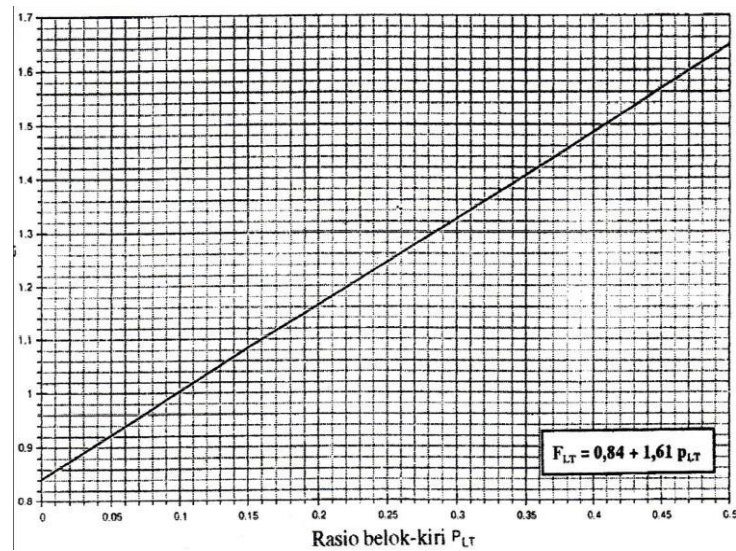
Kelas Tipe	Kelas	Rasio kendaraan tak bermotor					
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
Lingkungan Jalan RE	Hambatan Samping SF						
Komersial	Tinggi	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	Sedang	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,70
	Rendah	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,71
Pemukiman	Tinggi	0,96	0,91	0,86	0,82	0,77	0,72

	Sedang	0,97	0,92	0,87	0,82	0,77	0,73
	Rendah	0,98	0,93	0,88	0,83	0,78	0,74
Akses Terbatas	Tinggi						
	Sedang	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
	Rendah						

Sumber : MKJI (1997)

g. Faktor Penyesuaian Belok Kiri (FLT)

Faktor ini merupakan penyesuaian dari persentase seluruh gerakan lalu lintas yang belok kiri pada persimpangan. Faktor ini dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

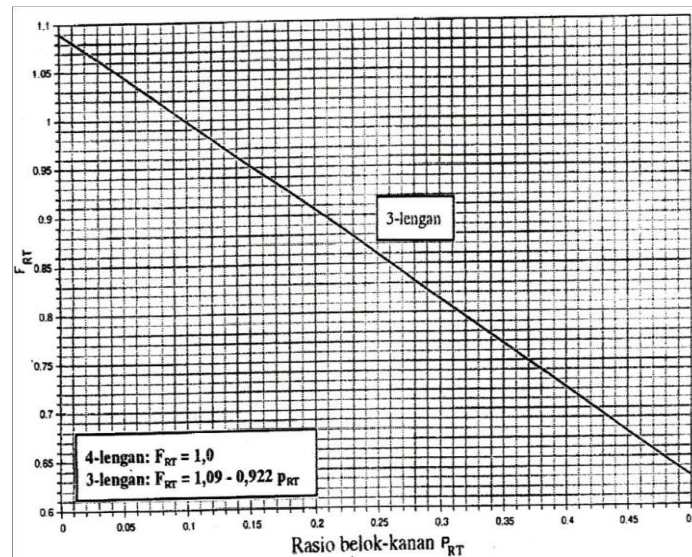


Gambar 2. 3 Faktor penyesuaian belok kiri

Sumber: MKJI (1997)

h. Faktor Penyesuaian Belok Kanan (FRT)

Faktor ini merupakan penyesuaian dari presentase seluruh gerakan lalu lintas yang belok kanan pada persimpangan. Faktor penyesuaian belok kanan untuk simpang 4 lengan adalah $F_{RT} = 1,0$ dapat dilihat pada grafik di bawah ini:

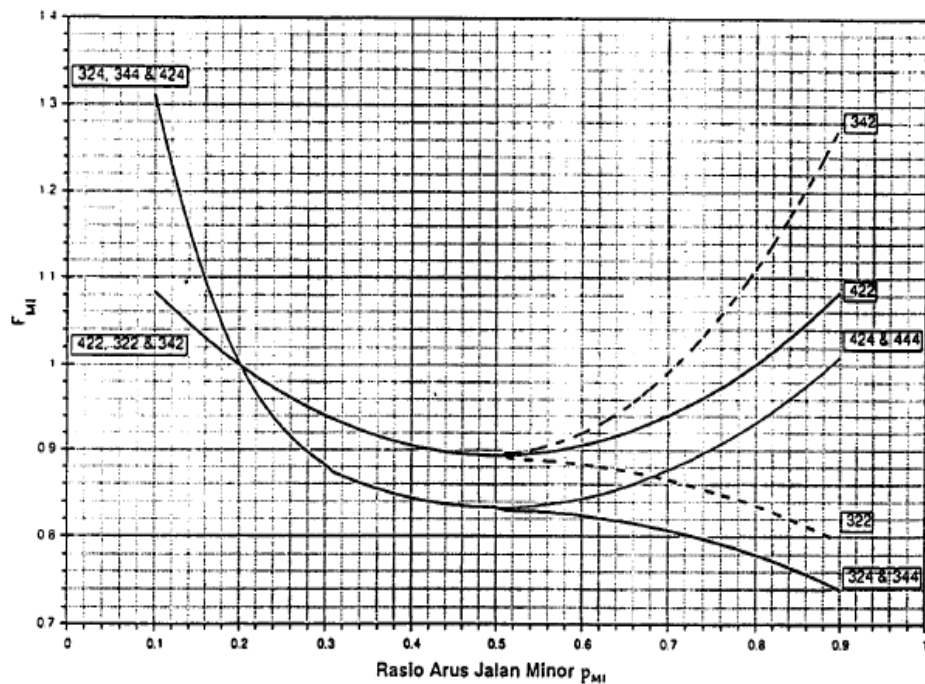


Gambar 2. 4 Faktor penyesuaian belok kanan

Sumber: MKJI (1997)

i. Faktor Penyesuaian Rasio Arus Jalan Minor (PMI)

Faktor penyesuaian rasio arus minor ditentukan dari Gambar 2.5. Batas nilai yang diberikan untuk PMI pada grafik adalah rentang dasar empiris dari manual. Untuk mencari PMI tentukan terlebih dahulu rasio jalan minor kemudia di tarik garis vertikal ke atas sampai berpotongan pada garis tipe simpang yang akan dicari nilainya dilanjutkan dengan menarik horisontal ke kiri. Untuk mencari nilai F_{MI} dapat dicari dengan rumus Tabel 2.9.



Gambar 2. 5 Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor

Sumber: MKJI (1997)

Tabel 2. 11 Faktor Penyesuaian rasio arus jalan minor

IT	F_{MI}	P_{MI}
422	$1,19 \times P_{MI}^2 - 1,19 \times P_{MI} + 1,19$	0,1 – 0,9
424	$16,6 \times P_{MI} - 33,3 \times P_{MI} + 25,3 \times P_{MI}^2 - 8,6 \times P_{MI} + 1,95$	0,1 – 0,3
444	$1,11 \times P_{MI}^2 - 1,19 \times P_{MI} + 1,11$	0,3 – 0,9
322	$1,19 \times P_{MI}^2 - 1,19 \times P_{MI} + 1,19$	0,1 – 0,5
	$- 0,595 \times P_{MI}^2 + 0,595 \times P_{MI} + 0,74$	0,5 – 0,9
342	$1,19 \times P_{MI}^2 - 1,19 \times P_{MI} + 1,19$	0,1 – 0,5

	$2,38 \times P_{MI}^2 - 2,38 \times P_{MI} + 1,49$	0,5 – 0,9
324	$16,6 \times P - 33,3 \times P_{MI} + 25,3 \times P_{MI}^2 - 8,6 \times P_{MI}$ $+ 1,95$	0,1 – 0,3
344	$1,11 \times P_{MI}^2 - 1,11 \times P_{MI} + 1,11$	0,3 – 0,5
	$-0,555 \times P_{MI}^2 + 0,555 \times P_{MI} + 0,69$	0,5 – 0,9

Sumber: MKJI (1997)

2.3.5 Derajat Kejenuhan (Degree of Saturation, DS)

Yang dimaksud dengan derajat kejenuhan adalah hasil arus lalu lintas terhadap kapasitas biasanya dihitung perjam. Derajat kejenuhan dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$D_s = Q / C$$

Dimana:

D_s = Derajat kejenuhan.

Q = Total arus aktual (smp/jam).

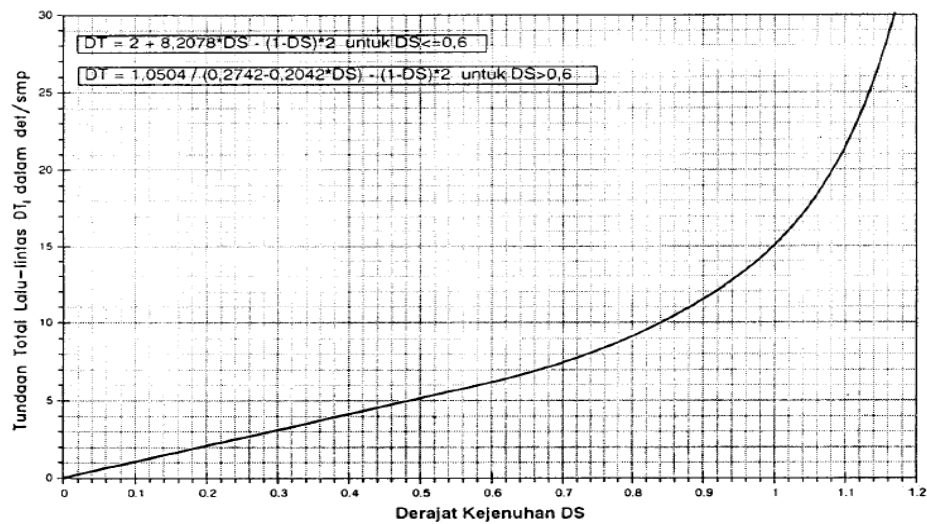
C = Kapasitas aktual.

2.3.6 Tundaan (Delay, D)

Tundaan adalah rata – rata waktu tunggu tiap kendaraan yang masuk dalam pendekat.

1. Tundaan lalu lintas simpang.

Tundaan lalu lintas simpang adalah tundaan lalu lintas rata – rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang. DTi ditentukan dari kurva empiris antara DTi dan DS, lihat Gambar 2.6

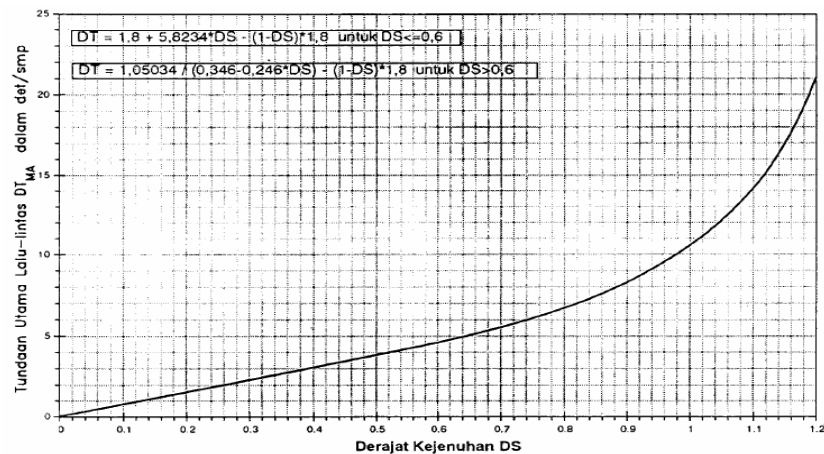


Gambar 2. 6 Tundaan lalu lintas simpang (DT_i)

Sumber: MKJI (1997)

2. Tundaan lalu lintas jalan utama (DT_{MA})

Tundaan lalu lintas jalan utama adalah tundaan lalu lintas rata – rata semua kendaraan bermotor yang masuk persimpangan dari jalan utama DT_{MA} ditentukan dari kurva empiris antara DT_{MA} dan DS , dapat dilihat Gambar 2.7



Gambar 2. 7 Tundaan lalu lintas jalan utama (DTMA)

Sumber: MKJI (1997)

3. Penentuan tundaan lalu lintas jalan minor (DTMI)

Tundaan lalu-lintas jalan minor rata-rata, ditentukan berdasarkan tundaan simpang rata-rata dan tundaan jalan utama rata-rata.

$$DT_{MI} = (Q_{TOT} \times DTI - Q_{MA} \times DTMA) / Q_{MI} \quad (2.12)$$

Dimana:

DT_{MI} = Tundaan untuk jalan minor.

DT_{MA} = Tundaan untuk jalan mayor.

Q_{TOT} = Volume arus.

Q_{MA} = Volume arus lalu lintas pada jalan mayor.

Q_{MI} = Volume arus lalu lintas pada jalan minor.

4. Tundaan geometrik simpang (DG)

Tundaan geometrik simpang adalah tundaan geometrik rata-rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk simpang. DG dihitung dari rumus berikut:

Untuk $DS < 1,0$

$$DG = (1 - DS) \times (PT \times 6 + (1 - PT) \times 3) + DS \times 4 \text{ (det/smp)}$$

Untuk $DS \geq 1,0$: $DG = 4$

Dimana:

DG = Tundaan geometrik simpang.

DS = Derajat kejenuhan.

PT = Rasio belok total.

5. Tundaan simpang (*Delay, D*)

Tundaan simpang dihitung sebagai berikut

$$D = DG + DTI \text{ (det/smp)}$$

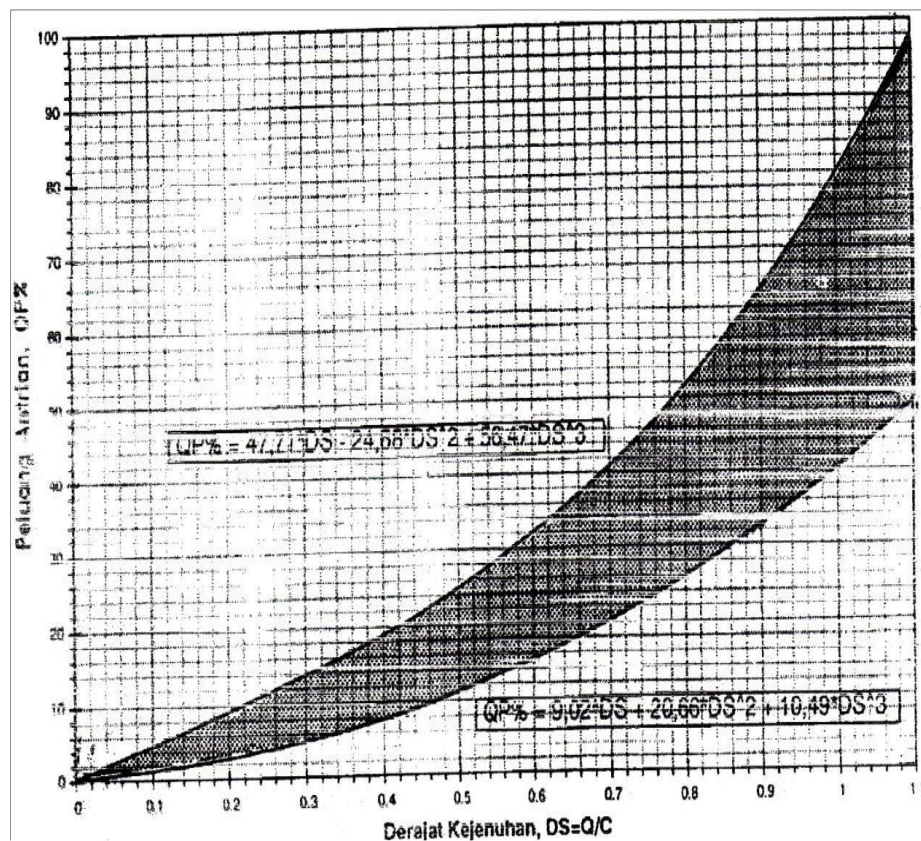
Dimana :

DG = Tundaan geometrik simpang.

DTI = Tundaan lalu-lintas simpang.

2.3.7 Peluang Antrian (QP%)

Peluang antrian dinyatakan pada range nilai yang didapat dari kurva hubungan antara peluang antrian (QP%) dengan derajat jenuh (DS), yang merupakan peluang antrian dengan lebih dari dua kendaraan di daerah pendekat yang mana saja, pada simpang tak bersinyal.



Gambar 2. 8 Peluang antrian (QP%)

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (1997)

2.3.8 Penilaian Perilaku Lalu Lintas

Manual ini terutama direncanakan untuk memperkirakan kapasitas dan perilaku lalu-lintas pada kondisi tertentu berkaitan dengan rencana geometrik jalan, lalu-lintas dan lingkungan. Karena hasilnya biasanya tidak dapat diperkirakan sebelumnya, mungkin diperlukan beberapa perbaikan dengan

pengetahuan para ahli lalu-lintas, terutama kondisi geometrik, untuk memperoleh perilaku lalu-lintas yang diinginkan berkaitan dengan kapasitas dan tundaan dan sebagainya.

Cara yang paling cepat untuk menilai hasil adalah dengan melihat derajat kejenuhan (DS) untuk kondisi yang diamati, dan membandingkannya dengan pertumbuhan lalu-lintas tahunan dan "umur" fungsional yang diinginkan dari simpang tersebut. Jika nilai DS yang diperoleh terlalu tinggi ($> 0,75$), pengguna manual mungkin ingin merubah anggapan yang berkaitan dengan lebar pendekat dan sebagainya, dan membuat perhitungan yang baru.

2.4 Fasilitas Pengaturan Pada Persimpangan Tak Bersinyal

Fasilitas pengaturan lalu lintas jalan raya sangat berperan dalam menciptakan ketertiban, kelancaran dan keamanan bagi lalu lintas jalan raya sehingga keberadaannya sangat dibutuhkan untuk memberikan petunjuk dan pengarahan bagi pemakai jalan raya. Pengaturan lalu lintas tersebut adalah rambu dan marka jalan.

2.4.1 Rambu

Sesuai dengan fungsinya maka rambu – rambu dapat dibedakan dalam tiga golongan, yaitu:

1. Rambu Peringatan

Rambu ini memberikan peringatan pada pemakai jalan, adanya kondisi pada jalan atau sebelahnyanya yang berbahaya untuk operasional kendaraan.

2. Rambu Pengatur (*Regulator Devices*)

Rambu jenis ini berfungsi memberikan perintah dan larangan bagi pemakai jalan berdasarkan hukum dan peraturan, yang dipasang pada tempat yang ditentukan larangan tersebut berarti pelanggaran dan dapat diberikan sanksi hukum.

3. Rambu petunjuk (*Guiding Devices*)

Rambu ini berfungsi untuk memberikan petunjuk atau informasi kepada pemakai jalan tentang arah, tujuan kondisi daerah ini.

2.4.2 Marka Jalan (*Traffic Marking*)

Marka lalu lintas adalah semua garis – garis, pola – pola, kata – kata warna atau benda – benda lain (kecuali rambu) yang dibuat pada permukaan bidang dipasang atau diletakkan pada permukaan atau peninggian/curb atau pada benda – benda di dalam atau berdekatan pada jalan, yang dipasang secara resmi dengan maksud untuk mengatur/larangan, peringatan, atau memberi pedoman pada lalu lintas.

2.5 Tingkat Pelayanan Persimpangan

Dalam MKJI 1997 cara yang paling tepat untuk menilai hasil kinerja persimpangan adalah dengan melihat derajat kejenuhan (DS) untuk kondisi yang diamati dan membandingkannya dengan pertumbuhan lalu lintas dan umur fungsional yang diinginkan dari simpang tersebut. Jika derajat kejenuhan yang diperoleh terlalu tinggi, maka diperlukan perubahan asumsi yang terkait dengan apenam pang melintang jalan dan sebagainya serta perlu diadakan perhitungan ulang. Jika untuk penilaian operasional persimpangan, maka nilai derajat

kejenuhan yang tinggi mengindikasikan ketidakmampuan persimpangan dalam mengatasi jumlah kendaraan yang dilewatkan. Standar untuk menentukan tingkat derajat kejenuhan (DS) menurut Pignataro, L.J. 1973 diperlihatkan pada Tabel 2.10 dan berdasarkan Departemen Perhubungan (2006), tingkat pelayanan untuk simpang tak bersinyal diukur berdasarkan nilai tundaan diperlihatkan pada Tabel 2.11.

Tabel 2. 12 Standar derajat kejenuhan (DS)

Tingkat Derajat Kejenuhan	Batasan Nilai
Tinggi	$> 0,85$
Sedang	$> 0,7 - 0,85$
Rendah	$< 0,70$

Sumber: Pignataro, L.J. (1973)

Dari Tabel 2.10 dapat dijabarkan untuk standar nilai derajat kejenuhan (DS) adalah sebagai berikut:

1. Tingkat Kapasitas Tinggi

Apabila didapat nilai DS diatas 0,85

2. Tingkat Kapasitas Sedang

Apabila didapat nilai DS antara 0,7 sampai 0,85

3. Tingkat Kapasitas Rendah

Apabila didapat nilai DS dibawah 0,7

Tabel 2. 13 Kriteria tingkat pelayanan untuk simpang tak bersinyal

Tingkat Pelayanan	Tundaan (dtk/smp)
A	< 5
B	5 – 10
C	11 – 20
D	21 – 30
E	31 – 45
F	> 45

Sumber: Departemen Perhubungan (2006)

Dari Tabel 2.10 dapat dijabarkan mengenai tingkat pelayanan persimpangan adalah sebagai berikut:

1. Tingkat Pelayanan A

Keadaan arus bebas, volume rendah, kecepatan tinggi, kepadatan rendah, kecepatan ditentukan oleh kemauan pengemudi pembatasan kecepatan dan kondisi fisik jalan.

2. Tingkat Pelayanan B

Keadaan arus stabil, kecepatan perjalanan mulai dipengaruhi oleh keadaan lalu lintas dalam batas dimana pengemudi masih mendapatkan kebebasan

yang cukup untuk memilih kecepatannya. Batas terbawah dari tingkat pelayanan ini (kecepatan terendah dengan volume tertinggi) digunakan untuk ketentuan – ketentuan perencanaan jalan diluar kota.

3. Tingkat Pelayanan C

Keadaan arus mulai stabil, kecepatan dan pergerakan lebih ditentukan oleh volume yang tinggi sehingga pemilihan kecepatan sudah terbatas dalam batas–batas kecepatan jalan yang masih cukup memuaskan. Biasanya ini digunakan untuk ketentuan – ketentuan perencanaan jalan dalam kota

4. Tingkat Pelayanan D

Keadaan arus mendekati tidak stabil, dimana kecepatan yang di kehendaki secara terbatas masih bisa di pertahankan, meskipun sangat dipengaruhi oleh perubahan – perubahan dalam keadaan perjalanan yang sangat menurunkan kecepatan yang cukup besar.

5. Tingkat Pelayanan E

Keadaan arus tidak stabil, tidak dapat ditentukan hanya dari kecepatan saja, sering terjadi kemacetan (berhenti) untuk beberapa saat. Volume hampir sama dengan kapasitas jalan sedang.

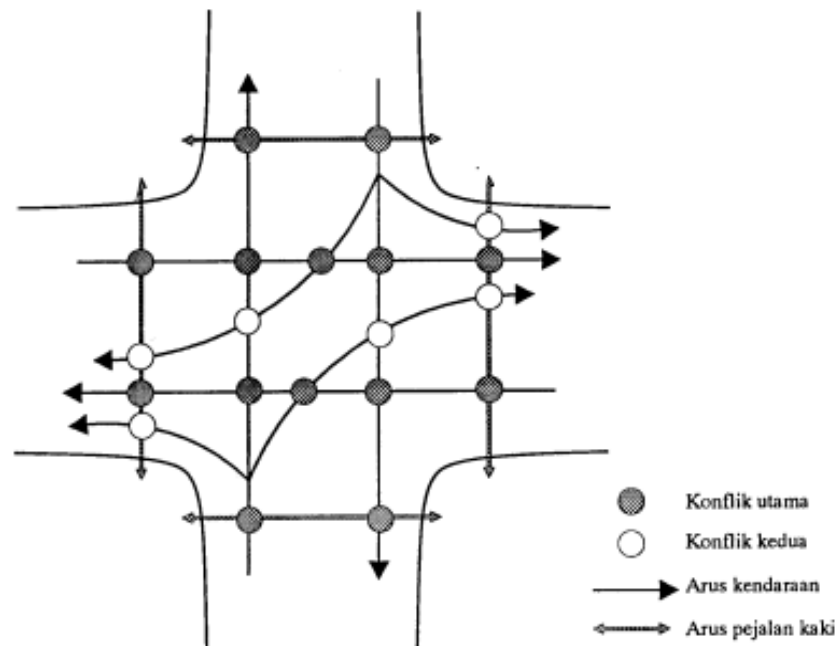
6. Tingkat Pelayanan F

Keadaan arus bertahan atau arus terpaksa (Force Flow), kecepatan rendah sedang volume ada di bawah kapasitas dan membentuk rentetan kendaraan, sering terjadi kemacetan dalam waktu cukup lama. Dalam keadaan ekstrem kecepatan dan volume dapat turun mencapai nol.

2.6 Karakteristik Simpang Bersinyal

Karakteristik simpang bersinyal diterapkan dengan maksud sebagai berikut (MKJI, 1997):

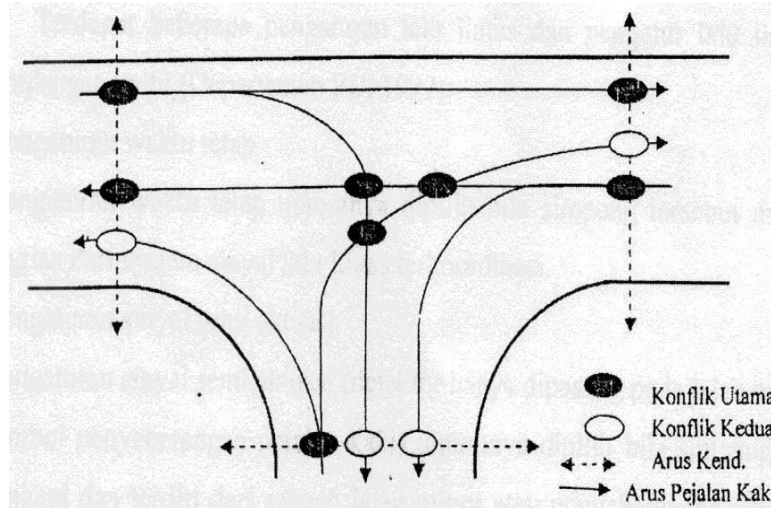
1. Untuk memisahkan lintasan dari gerakan – gerakan lintasan yang saling berpotongan dalam kondisi dan waktu yang sama. Hal ini adalah keperluan mutlak bagi gerakan – gerakan lalu lintas yang datang dari jalan – jalan yang saling berpotongan (konflik – konflik utama).
2. Memisahkan gerakan membelok dari lalu lintas lurus melawan, atau untuk memisahkan gerakan lalu lintas membelok dari pejalan kaki yang menyebrang jalan (konflik – konflik kedua).



Gambar 2. 9 Konflik – konflik utama dan kedua pada simpang bersinyal empat lengan

Sumber: MKJI (1997)

Sedangkan untuk konflik – konflik utama dan kedua, ada simpang dengan tiga lengan seperti terlihat pada Gambar di bawah ini:



Gambar 2. 10 Konflik utama dan kedua pada simpang dengan tiga lengan

Sumber: MKJI (1997)

Jika hanya konflik – konflik utama yang dipisahkan maka kemungkinan untuk mengatur sinyal lampu lalu lintas dengan dua fase. Masing – masing sebuah fase untuk jalan yang berpotongan, metode ini selalu dapat diterapkan jika gerak belok kanan dalam suatu persimpangan tidak dilarang. Karena pengaturan dua fase memberikan kapasitas tertinggi dalam beberapa kejadian, maka pengaturan tersebut disarankan sebagai dasar dalam kebanyakan analisa lampu lalu lintas.

Jika pertimbangan keselamatan lalu lintas atau pembatasan kapasitas memerlukan pemisahan satu atau lebih gerakan belok kanan, maka banyaknya fase harus ditambah. Penggunaan lebih dari dua fase biasanya akan menambah waktu siklus dan rasio waktu yang disediakan untuk pergantian antar fase. Walaupun hal ini memberikan suatu keuntungan dari sisi keselamatan lalu lintas pada umumnya, berarti bahwa setiap kapasitas seluruh dari simpang tersebut akan berkurang.

Sebagian besar fasilitas jalan, kapasitas dan perilaku lalu lintas adalah fungsi dari keadaan geometrik dan tuntutan lalu lintas. Dengan menggunakan sinyal, perancang dapat mendistribusikan kapasitas jalan kepada berbagai pendekat melalui alokasi waktu hijau pada tiap pendekat. Sehingga untuk menghitung kapasitas dan perilaku lalu lintas, pertama – tama perlu ditentukan fase dan waktu signal yang paling sesuai pada kondisi yang ditinjau.

2.7 Pengaturan Lalu Lintas dan Alat Pengatur Lalu Lintas

Terdapat beberapa pengaturan lalu lintas dan pengatur lalu lintas pada persimpangan (Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997):

1. Pengaturan waktu tetap

Pengaturan waktu tetap umumnya dipilih bila simpangan tersebut merupakan bagian dari sistem sinyal lalu lintas terkoordinasi.

2. Pengaturan sinyal semi aktuasi

Pengaturan sinyal semi aktuasi (detektor hanya dipasang pada jalan minor atau tombol penyeberangan pejalan kaki) umumnya dipilih bila simpang tersebut tunggal dan terdiri dari sebuah jalan minor atau penyeberangan pejalan kaki dan berpotongan dengan sebuah jalan arteri utama.

3. Pengaturan total aktuasi

Pengaturan sinyal total aktuasi adalah moda pengaturan yang paling efisien untuk simpang tunggal diantara jalan-jalan dengan kepentingan dan kebutuhan lalu lintas yang sama atau hampir sama.

4. Pengaturan sinyal terkoordinasi

Pengaturan ini umumnya diperlukan bila jarak antara simpang bersinyal yang berdekatan adalah kecil (kurang dari 100 m).

5. Fase sinyal

Fase sinyal umumnya mempunyai dampak yang besar pada tingkat kinerja dan keselamatan lalu lintas sebuah simpang daripada jenis pengaturan. Waktu hilang sebuah simpang bertambah dan rasio hijau untuk setiap fase berkurang bila fase tambahan diberikan. Maka sinyal akan efisien bila dioperasikan hanya dengan dua fase, yaitu hanya waktu hijau untuk konflik utama dipisahkan. Tetapi dari sudut keselamatan lalu lintas, angka kecelakaan umumnya berkurang bila konflik utama antara lalu lintas belok kanan dipisahkan dengan lalu lintas terlawan, yaitu dengan fase sinyal terpisah untuk lalu lintas belok kanan.

6. Fase dan lajur terpisah untuk lalu lintas belok kanan

Fase dan lajur terpisah untuk lalu lintas belok kanan disarankan terutama pada keadaan-keadaan berikut:

- a. Pada jalan-jalan arteri dengan batas kecepatan diatas 50 km/jam, kecuali bila jumlah kendaraan belok kanan kecil sekali (kurang dari 50 kendaraan/jam per arah).
- b. Bila terdapat lebih dari satu lajur terpisah untuk lalu lintas belok kanan pada salah satu pendekat.
- c. Bila arus belok kanan selama jam puncak melebihi 200 kendaraan/jam dan keadaan berikut dijumpai:

- 1) Jumlah lajur mencukupi kebutuhan kapasitas untuk lalu lintas lurus dan belok kiri sehingga lajur khusus lalu lintas tidak diperlukan.
- 2) Jumlah kecelakaan untuk kendaraan belok kanan di atas normal dan usaha-usaha keselamatan lainnya yang tidak dapat diterapkan.

7. Belok kiri langsung

Belok kiri langsung sedapat mungkin digunakan bila ruang jalan yang tersedia mencukupi untuk belok kiri melewati antrian lalu lintas lurus dari pendekat yang sama dan dengan aman bersatu dengan arus lalu lintas lurus dari fase lainnya yang masuk ke lengan simpang yang sama.

