

BAB III

KAJIAN PUSTAKA

Dalam penelitian diperlukan beberapa kajian yang akan digunakan sebagai dasar untuk membahas, menganalisis dan memecahkan masalah yang ada. Kajian tersebut terdiri dari landasan teori, pengertian persimpangan, jenis simpang, penentuan pengendali simpang, teori perhitungan simpang, dan standarisasi simpang.

3.1 Landasan Teori

Berdasarkan tujuan dari diselenggarakannya Lalu Lintas dan Angkutan Jalan guna mewujudkan pelayanan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan yang aman, selamat, tertib, lancar, dan terpadu dengan moda angkutan lain untuk mendorong perekonomian nasional, memajukan kesejahteraan umum, memperkuat persatuan dan kesatuan bangsa, serta mampu menjunjung tinggi martabat bangsa dan mampu mewujudkan etika berlalu lintas dan budaya bangsa juga penegakan hukum dan kepastian hukum bagi masyarakat sebagaimana diatur dalam Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan pasal 3. Dalam rangka mewujudkan tujuan tersebut, demi mengoptimalkan penggunaan jaringan jalan dan gerakan lalu lintas dalam rangka menjamin keamanan, keselamatan, ketertiban, dan kelancaran Lalu Lintas dan Angkutan Jalan makadapat dilakukan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas yang juga telah diatur dalam Undang-undang Nomor 22 Tahun 2009 pasal 93, yang mana kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas ini meliputi Perencanaan, Pengaturan, Perencanaan, Pemberdayaan dan Pengawasan yang selanjutnya diterangkan secara rinci maksud dari kegiatan-kegiatan terserbut pada Undang-undang Nomor 22 Tahun 2009 pasal 94.

Penetapan Tingkat Pelayanan Pada Persimpangan :

1. Tundaan

Tingkat pelayanan pada persimpangan mempertimbangkan faktor tundaan dan kapasitas persimpangan. Terkait dengan tingkat pelayanan pada persimpangan dapat dilihat pada Tabel.

Tabel III. 1 Tingkat Pelayanan Persimpangan

Tingkat Pelayanan	Tundaaan (Det/SMP)
A	< 5
B	5 – 15
C	15 – 25
D	25 – 45
E	45 – 60
F	> 60

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015

2. Fungsi Jalan

Berdarkan PM 96 tahun 2015, tingkat pelayanan yang diinginkan pada ruas jalan pada sistem jaringan jalan primer sesuai fungsinya, meliputi:

- 1) Jalan arteri primer, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya B;
- 2) Jalan kolektor primer, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya B;
- 3) Jalan lokal primer, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya C;
- 4) Jalan tol, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya B;

Tingkat pelayanan yang diinginkan pada ruas jalan pada sistem jaringan jalan sekunder sesuai fungsinya, meliputi:

- 1) Jalan arteri sekunder, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya C;
- 2) Jalan kolektor sekunder, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya C;
- 3) Jalan lokal sekunder, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya D;
- 4) Jalan lingkungan, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya D;

3.2 Pengertian Persimpangan

Karakteristik dari transportasi jalan adalah bahwa setiap pengemudi bebas untuk memilih rutenya sendiri dalam jaringan transportasi yang ada (terkecuali untuk angkutan umum dalam trayek yang sudah memiliki rute atau trayek), karena itu perlu disediakan persimpangan-persimpangan untuk menjamin keamanan dan efisiensinya arus lalu lintas yang hendak pindah dari satu ruas jalan ke ruas jalan lainya (Irlinawati,2008).

Persimpangan jalan merupakan simpul transportasi yang terbentuk dari beberapa pendekat dimana arus kendaraan dari beberapa pendekat tersebut bertemu dan memencar meninggalkan persimpangan (Hoobs, 1995).

Persimpangan adalah simpul pada jaringan jalan dimana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan.Lalu lintas pada masing- masing kaki persimpangan secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya. Persimpangan- persimpangan merupakan faktor-faktor yang paling penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan , khususnya wilayah perkotaan (Abubakar, dkk., 1995).

3.3 Jenis Simpang

Persimpangan dapat dibagi atas dua jenis (Morlok, 1991) yaitu:

3.3.1 Persimpangan Sebidang (At Grade Intersection)

Persimpangan sebidang merupakan pertemuan dua atau lebih ruas jalan dalam satu bidang yang mempunyai elevasi yang sama. Desain persimpangan bisa berbentuk huruf T,huruf Y, persimpangan empat kaki, serta persimpangan berkaki banyak.

3.3.2 Persimpangan Tak Sebidang (Grade Separated Intersection)

Persimpangan tak sebidang merupakan suatu persimpangan dimana jalan yang satu dengan jalan yang lainnya tidak saling bertemu dalam satu bidang dan mempunyai beda tinggi antara keduanya. Jenis persimpangan menurut Direktorat Jendral Bina Marga dalam manual kapasitas jalan Indonesia (1997), pemilihan jenis simpang untuk suatu daerah sebaiknya

berdasarkan pertimbangan ekonomi, pertimbangan keselamatan lalu lintas, dan pertimbangan lingkungan. Berdasarkan cara pengaturannya jenis persimpangan dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis (Morlok, 1991) yaitu:

- a. Simpang jalan tanpa sinyal, merupakan simpang yang tidak menggunakan sinyal lalu lintas untuk pengendalinya. Pada simpang ini pengguna jalan harus memutuskan apakah mereka cukup aman untuk melewati simpang atau harus berhenti dahulu sebelum melewati simpang tersebut.
- b. Simpang jalan dengan sinyal, merupakan pengguna jalan dapat melewati simpang sesuai dengan pengoperasian sinyal lalu lintas, jadi pengguna diperbolehkan melewati ketika lampu APILL berwarna 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 dipersimpangan 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.

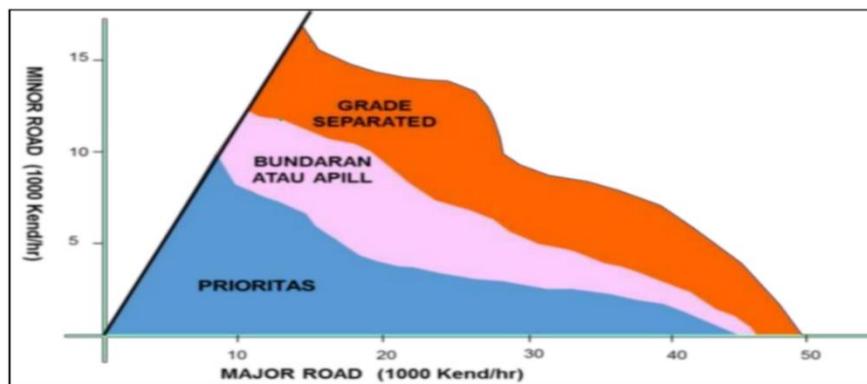
Syarat – syarat yang disebut di atas tidak baku dan dapat disesuaikan dengan situasi dan kondisi setempat. Persimpangan bersinyal umumnya dipergunakan dengan beberapa alasan antara lain:

- 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 untuk dapat menyebrang dengan aman.

3.4 Penentuan Pengendalian SIMpang dan Jenis Konflik Pada Simpang

Pada persimpangan yang menggunakan alat pemberi isyarat lalu lintas, konflik antar arus lalu lintas dikendalikan dengan isyarat lampu, konflik dapat dihilangkan dengan melepaskan hanya satu arus lalu lintas, tetapi akan mengakibatkan hambatan yang besar bagi arus-arus dari kaki-kaki persimpangan lainnya dan secara keseluruhan mengakibatkan penggunaan persimpangan tidak efisien. Oleh karena itu perlu dipertimbangkan untuk mengalirkan beberapa arus bersamaan untuk mempertinggi efisiensi penggunaan persimpangan dengan tidak mengurangi perhatian pada aspek keselamatan (Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1996).

Pada sistem pengendalian persimpangan dapat menggunakan pedoman pada gambar penentuan pengendalian persimpangan yang digunakan berdasarkan volume lalu lintas pada masing-masing kaki simpanganya.



Sumber : *Austrian Road Research Broad (ARRB)*

Gambar III. 1 Grafik Penentuan Pengendalian Persimpangan

Menurut Ditjen Perhubungan Darat (1998), yang dijadikan kriteria bahwa suatu persimpangan sudah harus dipasang alat pemberi isyarat lalu lintas 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 dipersimpangan 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.

Penghitungan dilakukan persatuan waktu (jam) untuk satu waktu lebih periode, misalkan pada arus lalu lintas jam sibuk pagi, siang dan sore. Jika distribusi gerakan membelok tidak diketahui dan tidak dapat diperkirakan, 15 % belok kanan dan 15 % belok kiri dari arus pendekat total dapat dipergunakan (kecuali jika ada gerakan membelok tersebut yang akan dilarang).

$$\text{LHR} = \text{VJP} / \text{K}$$

Rumus III. 1 LHR

Keterangan:

LHR = Lalu Lintas Harian Rata-rata

VJP = Volume Jam Perencanaan

Jika hanya arus lalu lintas (LHR) saja yang ada tanpa diketahui distribusi lalu lintas pada setiap jamnya, maka arus rencana per jam dapat diperkirakan sebagai suatu persentase dari LHR dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

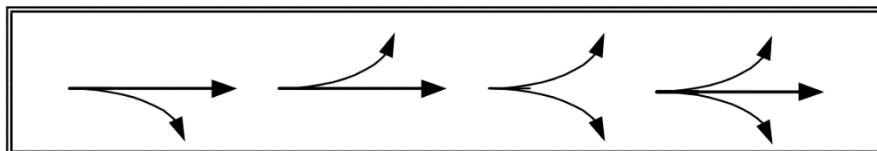
Tabel III. 2 Hubungan LHR Dan Volume Jam Tersibuk

Tipe Kota dan Jalan	Faktor Persen K ($K \times$ LHR = VJP)
Kota-kota > 1 juta penduduk <ul style="list-style-type: none"> • Jalan-jalan daerah komersial dan jalan arteri • Jalan-jalan daerah permukiman 	<ul style="list-style-type: none"> • 7 – 8 % • 8 – 9 %
Kota-kota < 1 juta penduduk <ul style="list-style-type: none"> • Jalan-jalan daerah komersial dan jalan arteri • Jalan-jalan daerah permukiman 	<ul style="list-style-type: none"> • 8 – 10 % • 9 – 12 %

Sumber : MKJI 1997

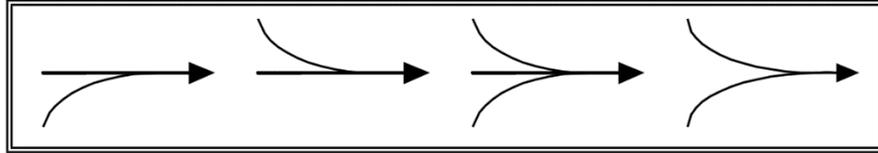
Persimpangan dibuat dengan tujuan untuk mengurangi potensi konflik diantara kendaraan (termasuk pejalan kaki) dan sekaligus menyediakan kenyamanan maksimum dan kemudahan pergerakan bagi kendaraan (Christy, 2003). Persimpangan juga dapat diartikan sebagai daerah umum dimana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan fasilitas didalamnya (AASHTO, 2001). Secara umum pergerakan kendaraan di persimpangan dapat dibedakan menjadi 4 jenis dasar dari alih gerak kendaraan yaitu:

1. Berpencar (diverging)



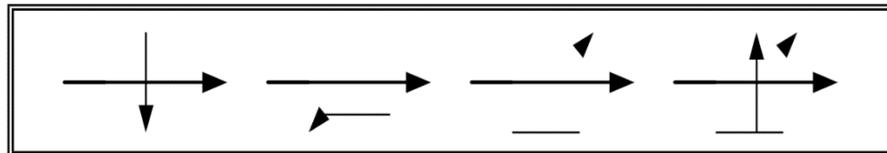
Gambar III. 2 Alih Gerak Berpencar

2. Menggabung (merging)



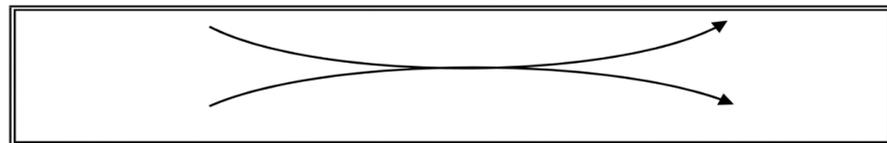
Gambar III. 3 Alih Gerak Menggabung

3. Menyilang/berpotongan (crossing)



Gambar III. 4 Alih Gerak Menyilang

4. Menggabung lalu berpencar (weaving)



Sumber : ASSHTO, 2011

Gambar III. 5 Alih Gerak Menggabung Lalu Berpencar

Dari keempat alih gerak tersebut, alih gerak yang berpotongan adalah lebih berbahaya dari pada alih gerak yang lain. Hal ini karena pada alih gerak yang berpotongan terjadi konflik. Adapun jumlah konflik pada suatu persimpangan adalah tergantung pada:

- a. Jumlah kaki persimpangan
- b. Jumlah arah pergerakan
- c. Jumlah lajur dari setiap kaki persimpangan

3.4.1 Simpang Bersinyal

- a. Langkah dan Dampak

Menurut MKJI (1997), tentang kapasitas simpang bersinyal prosedur perhitungan dan Analisa suatu simpang APILL dapat diurutkan menjadi lima Langkah utama seperti di bawah ini:

- 1) Langkah A: data masukan
- 2) Langkah B: Penggunaan isyarat
- 3) Langkah C: Penentuan waktu isyarat
- 4) Langkah D: Kapasitas dan
- 5) Langkah E: Kinerja lalu lintas

Setiap pemasangan lampu lalu lintas bertujuan untuk memenuhi satu atau lebih fungsi-fungsi tersebut dibawah ini (Oglesby,1999):

- 1) Mendapatkan gerakan lalulintas yang teratur
- 2) Meningkatkan kapasitas lalu lintas pada perempatan jalan
- 3) Mengurangi frekuensi jenis kecelakaan tertentu
- 4) Menkoordinasikan lalu lintas dibawah kondisi jarak sinyal yang cukup baik, sehingga aliran lalu lintas tetap berjalan pada kecepatan tertentu
- 5) Memutuskan arus lalulintas tinggi agar memungkinkan adanya penyebrangan kendaraan lain atau pejalan kaki
- 6) Mengatur penggunaan jalur lalu lintas
- 7) Sebagai pengendali ramp pada jalan masuk menuju jalan bebas hambatan (*entrancefreeway*)
- 8) Memutuskan arus lalu lintas bagi lewatnya kendaraan darurat

Dan terdapat hal-hal yang kurang menguntungkan dari lampu lalu lintas, antara lain:

- 1) Kehilangan waktu yang berlebihan pada pengemudi atau pejalan kaki
- 2) Pelanggaran terhadap indikasi sinyal umumnya sama seperti pemasangan khusus
- 3) Pengalihan lalu lintas pada rute yang kurang menguntungkan

- 4) Mengurangi frekuensi kecelakaan, terutama tumbukan bagian belakang kendaraan dengan pejalan kaki.

Ada beberapa kinerja persimpangan bersinyal antara lain kapasitas, derajat kejenuhan, jumlah antrian, dan laju henti. Untuk mencari perhitungannya menggunakan perhitungan dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.

b. Prinsip-Prinsip Waktu siklus dan Fase

Suatu rencana waktu signal digunakan untuk mengatur dan memisahkan arus-arus lalu lintas yang membelok dan mendekati persimpangan. Dengan begitu suatu rencana periode waktu spesifik dapat diidentifikasi.

- 1) Rencana Signal

Suatu rangkaian yang ditentukan terlebih dahulu dari kejadian-kejadian yang didesain, guna untuk memisahkan dan mengatur pergerakan lalu lintas dalam suatu periode waktu tertentu dalam suatu hari seperti waktu pagi, waktu tidak sibuk dan waktu sibuk sore.

- 2) Waktu siklus

Waktu siklus merupakan serangkaian tahap-tahap dimana semua pergerakan lalu lintas dilakukan, atau merupakan penjumlahan waktu dari keseluruhan tahapan.

- 3) Tahap

Tahap adalah bagian dari siklus apabila suatu kombinasi perintah signal tertentu adalah tetap konstan. Hal ini dimiliki pada awal periode waktu kuning, dan berakhir dari periode hijau berikutnya. Siklus adalah jumlah dari waktu-waktu tahap (stage). Pengaturan

tahap menuju pada rangkaian lengkap oleh mana persimpangan diatur.

4) Fase

Suatu kondisi dari APILL dalam satu waktu siklus yang memberikan hak jalan pada satu atau lebih gerakan lalu lintas tertentu.

5) Periode Hijau Antara

Adalah suatu waktu diantara satu tahap yang menyala kuning (pada suatu kaki persimpangan yang lain menyala hijau). Waktu ini ditentukan berdasarkan pertimbangan keselamatan terhadap waktu yang diperlukan oleh kendaraan untuk keluar dari suatu persimpangan sebelum suatu pergerakan yang berlawanan diperbolehkan mulai bergerak.

Periode waktu hijau antara = waktu menyeberang + waktu pengosongan + waktu masuk biasanya 3 detik kuning + 1 detik merah (merah dan kuning).

6) Waktu hijau efektif dan waktu hilang

Pada saat periode waktu hijau dimulai, kendaraan masih berhenti dan pengemudi memerlukan waktu untuk mulai berjalan dan mempercepatnya sampai ke suatu kecepatan jalan yang normal. Pada akhir dari periode waktu hijau terdapat periode waktu kuning, dimana pada kesempatan tersebut beberapa kendaraan akan tetap melintas persimpangan dan kendaraan-kendaraan lain akan memperlambat lajunya dan kemudian berhenti. Jadi pada waktu mulai dan pada akhir dari periode waktu hijau kapasitasnya berkurang.

Pada saat waktu hijau, antrian kendaraan akan mencapai kecepatan jalannya dan jumlah kendaraan yang melintasi

persimpangan akan mencapai suatu tingkat yang konstan dan disebut sebagai arus jenuh. Waktu yang hilang pada periode percepatan dan periode perlambatan disebut sebagai waktu hilang. Waktu hijau efektif dihitung sebagai berikut.

Waktu Hijau Efektif = Waktu hijau + waktu kuning – waktu merah.
Waktu hilang diperkirakan 2 detik per fase, waktu kuning biasanya diambil 3 detik.

7) Arus Jenuh

Arus jenuh adalah tingkat arus maksimum pada suatu mulut persimpangan jika lampu pengaturan lalu lintas terus menerus menyala hijau. Arus jenuh padat diperkirakan dari lebar jalan dengan faktor koreksi untuk hal-hal yang mengganggu kondisi “kelancaran arus” yang ideal, yang dapat diubah-ubah untuk meningkatkan penampilan seperti misalnya:

- a) Kelandaian
- b) Komposisi kendaraan
- c) Lalu lintas yang membelok
- d) Penyeberang jalan
- e) Kendaraan yang diparkir

Bagaimanapun cara yang lebih teliti untuk memperkirakan arus jenuh adalah dengan suatu survei, bilamana kondisi lalu lintasnya padat, yang mana formasi antrian terjadi.

8) Lalu lintas belok kiri

Pada persimpangan jalan yang dilengkapi dengan APILL, pengemudi kendaraan dilarang langsung berbelok kiri, kecuali ditentukan lain oleh rambu lalu lintas atau APILL.

9) Lalu lintas belok kanan

Lalu lintas belok kanan merupakan yang utama pada persimpangan persimpangan, khususnya yang di lengkapi dengan lampu lalu lintas.

10) Penentuan Tahap/Fase

Berdasarkan buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 pada umumnya pengaturan dua fase dicoba sebagai kejadian dasar, karena biasanya menghasilkan kapasitas yang lebih besar dan tundaan rata-rata lebih rendah dari pada tipe fase sinyal lain dengan pengatur fase yang biasa dengan pengaturan fase konvensional. Arus berangkat belok kanan pada fase yang berbeda dari gerakan lurus langsung memerlukan lajur terpisah. Pengaturan terpisah gerakan belok kanan biasanya hanya dilakukan berdasarkan pertimbangan kapasitas jika arus melebihi 200 smp/jam.

3.4.2 Persimpangan Prioritas

Ada beberapa unjuk kinerja simpang prioritas yaitu kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan lalu-lintas simpang, tundaan lalu lintas jalan mayor, tundaan lalu-lintas jalan minor, tundaan geometrik simpang, dan peluang antrian. Teori penghitungan simpang Prioritas dapat dilakukan menggunakan dengan metode Manual Kapasitas Jalan 1997.

3.5 Teori Perhitungan Kinerja Simpang

Pengukuran kinerja lalu lintas yang dilakukan didalam kkw ini diambil berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI,1997). Dimana pengukuran kinerja lalu lintas yang dilakukan pada persimpangan. Analisis yang akan dilakukan di persimpangan meliputi jenis pengendalian yang di terapkan dan pengukuran kinerja persimpangan tanpa lampu lalu lintas.

3.5.1 Simpang Tidak Bersinyal

a. Kapasitas total Simpang Tak Bersinyal (C)

Kapasitas total untuk seluruh lengan simpang adalah hasil perkalian antara kapasitas dasar (C_0) untuk kondisi tertentu (ideal) dan faktor-faktor koreksi (F), dengan memperhatikan kondisi sesungguhnya terhadap kapasitas.

Pada simpang tidak bersinyal perhitungan kapasitas dapat menggunakan rumus berikut ini:

$$C = C_0 \times F_w \times F_m \times F_{cs} \times F_{rsu} \times F_{flt} \times F_{frt} \times F_{mi}$$

Rumus III. 2 Kapasitas Dasar

Keterangan :

C_0 = Kapasitas dasar (smp/jam)

F_w = Faktor penyesuaian lebar masuk

F_m = Faktor penyesuaian ukuran kota

F_{cs} = Faktor koreksi ukuran kota

F_{rsu} = Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan hambatan samping dan kendaraan tak bermotor

F_{flt} = Faktor koreksi prosentase belok kiri

F_{frt} = Faktor koreksi prosentase belok kanan

F_{mi} = Faktor Penyesuaian Arus Minor

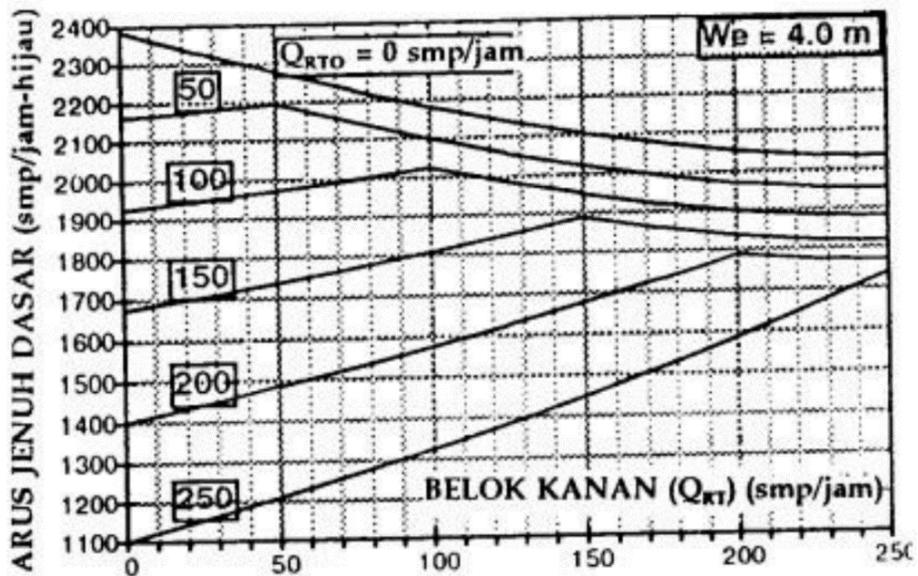
Sebelum menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi nilai arus jenuh terlebih dahulu ditentukan dari banyaknya kaki simpang dan banyaknya lajur pada jalan utama dan jalan simpang pada simpang tersebut dengan kode tiga angka. Untuk mengetahui tipe dari tiap-tiap simpang dan arus jenuh dasarnya dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel III. 3 Kode Simpang Berdasarkan Jumlah Kaki Simpang

Kode IT	Jumlah Kaki Simpang	Jumlah Lajur Jalan Simpang	Jumlah Lajur Jalan Utama	Arus Jenuh Dasar (SMP/Jam)
322	3	2	2	2.700
324	3	2	4	2.900
342	3	4	2	3.200
422	4	2	2	2.900
424	4	2	4	3.400

Sumber : MKJI 1997

Gambar III. 6 Grafik Penentuan So Pada Kaki Simpang Tipe O Tanpa Lajur Kanan Terpisah dengan $W_B = 4.0$ m



Sumber : MKJI 1997

b. F_w (Faktor Penyesuaian Lebar Masuk)

Faktor penyesuaian lebar masuk adalah faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar sehubungan dengan lebar masuk persimpangan jalan.

Untuk menentukan lebar pendekat tiap-tiap simpang dapat ditentukan dengan menggunakan rumus tabel berikut ini.

Tabel III. 4 Faktor Penyesuaian Lebar Masuk Berdasarkan Tipe

No	Tipe Simpang	Rumus
1.	422	$Fw = 0,70 + 0,0866 We$
2.	422 atau 444	$Fw = 0,61 + 0,0740 We$
3.	322	$Fw = 0,73 + 0,0760 We$
4.	324 atau 344	$Fw = 0,62 + 0,0646 We$
5.	342	$Fw = 0,67 + 0,0698 We$

Sumber : MKJI, 1997

c. F_m (Faktor penyesuaian median)

Faktor penyesuaian median adalah faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar sehubungan dengan ukuran median. Untuk menentukan faktor penyesuaian ukuran kota dapat menggunakan rumus dibawah ini:

Tabel III. 5 Faktor Penyesuaian Median

Uraian	Tipe M	Faktor Penyesuaian Median (F_M)
Tidak ada median jalan utama	Tidak ada	1,00
Ada median jalan utama, lebar < 3 m	Sempit	1,05
Ada median jalan utama, lebar \geq 3 m	Lebar	1,20

Sumber : MKJI, 1997

d. F_{cs} (Faktor Penyesuaian Ukuran Kota)

Faktor penyesuaian ukuran kota adalah faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar sehubungan dengan ukuran kota. Untuk menentukan faktor penyesuaian ukuran kota dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel III. 6 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk

Kelompok Kota	Penduduk (juta jiwa)	Fcs
Sangat Kecil	< 0,1	0,82
Kecil	0,1 – 0,5	0,88
Sedang	0,5 – 1,0	0,94
Besar	1,0 – 3,0	1,00
Sangat Besar	> 3,0	1,05

Sumber : MKJI, 1997

- e. Frsu (Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan Hambatan Samping Dan Kendaraan Tak Bermotor)

Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan hambatan samping dan kendaraan tak bermotor adalah faktor penyesuaian kapasitas dasar akibat rasio kendaraan tak bermotor, hambatan samping dan tipe lingkungan jalan. Untuk menentukan faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor dapat disesuaikan dengan tabel berikut ini:

Tabel III. 7 Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan Hambatan Samping Dan Kendaraan Tidak Bermotor

Kelas Tipe Lingkungan Jalan	Kelas Hambatan Samping	Rasio Kend. Tak Bermotor					
		0	0,05	0,1	0,15	0,2	>0,25
Komersial	Tinggi	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,7
	Sedang	0,94	0,89	0,85	0,8	0,75	0,7
	Rendah	0,95	0,9	0,86	0,81	0,76	0,71
Permukiman	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/Rendah	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75

Sumber : MKJI, 1997

f. Frt (Faktor Penyesuaian Belok Kanan)

Faktor penyesuaian belok kanan adalah faktor penyesuaian kapasitas dasar akibat belok kanan. Prosentase belok kanan ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Prt = \frac{Qrt}{Qtot} \dots\dots\dots \text{III. 3}$$

Rumus III. 3 Rasio Kendaraan Belok Kanan

Sumber : MKJI, 1997

Keterangan:

- Prt = Rasio kendaraan belok kanan
- Qrt = Jumlah kendaraan belok kanan (smp/jam)
- Qtot = Jumlah total arus kendaraan pada kakipersimpangan tersebut (smp/jam).

Setelah diketahui Prt, kemudian dihitung Frt dengan melihat pada tabel atau dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

1. Lengan:

$$Frt = 1,09 - (0,922 \times Prt) \dots\dots\dots \text{III. 4}$$

Rumus III. 4 Faktor Penyesuaian Belok Kanan

2. Lengan:

$$Frt = 1,00$$

Sumber : MKJI, 1997

g. Flt (Faktor Penyesuaian Belok Kiri)

Prosentase belok kiri ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Plt = \frac{Qlt}{Qtot} \dots\dots\dots \text{III. 5}$$

Rumus III. 5 Rasio Kendaraan Belok Kiri

Sumber : MKJI, 1997

Keterangan:

Plt = Rasio kendaraan belok kiri

Qlt = Jumlah kendaraan belok kiri (smp/jam)

Qtot = Jumlah total arus kendaraan pada kakipersimpangan tersebut (smp/jam).

- h. Fmi (Faktor Penyesuaian Arus Minor) Prosentase arus minor ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Fmi = \frac{Qmi}{Qtot} \dots \dots \dots \text{III. 6}$$

Rumus III. 6 Prosentase Arus Minor

Sumber : MKJI, 1997

Keterangan:

Plt = Rasio kendaraan arus minor

Qlt = Jumlah kendaraan arus minor (smp/jam)

Qtot = Jumlah total arus kendaraan pada kaki persimpangan tersebut (smp/jam).

Setelah Fmi diketahui, maka dapat diketahui Fmi dengan melihat pada tabel atau dengan menggunakan rumus:

Tabel III. 8 Rumus Penyesuaian Arus 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	$16,6 \times p_{MI}^4 - 33,3 \times p_{MI}^3 + 25,3 \times p_{MI}^2 - 8,6 \times p_{MI} + 1,95$	0,1 -0,3
444	$1,11 \times p_{MI}^2 - 1,11 \times p_{MI} + 1,11$	0,3-0,9
322	$1,19 \times p_{MI}^2 - 1,19 \times p_{MI} + 1,19$	0,1-0,5
	$-0,595 \times p_{MI}^2 + 0,595 \times p_{MI}^3 + 0,74$	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	$16,6 \times p_{MI}^2 - 33,3 \times p_{MI}^3 + 25,3 \times p_{MI}^2 - 8,6 \times p_{MI} + 1,95$	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

- i. Derajat Kejenuhan (Ds) Derajat kejenuhan merupakan rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat. Derajat kejenuhan ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$DS = \frac{Q_{tot}}{c} \dots\dots\dots \text{III. 7}$$

Rumus III. 7 Derajat Kejenuhan

Sumber : MKJI, 1997

- j. Tundaan Lalu Lintas Simpang (DT1) Jika $DS < 0,6$

$$DT1 = 2 + 8,2078 \times DS - (1 - DS) \times 2 \dots\dots\dots \text{III. 8}$$

Rumus III. 8 Tundaan Lalu Lintas Simpang

Jika $DS > 0,6$

$$DT1 = \frac{1,0504}{(0,2742 - 0,2042 \times DS)} \times (1 - DS) \times 2 \dots\dots\dots \text{III. 9}$$

Rumus III. 9 Tundaan Lalu Lintas Simpang

Sumber : MKJI, 1997

- k. Tundaan Lalu Lintas Jalan Mayor (DTma) Jika $DS < 0,6$

$$DT1 = 1,8 + 5,8234 \times DS - (1 - DS) \times 1,8 \dots\dots\dots \text{III. 10}$$

Rumus III. 10 Tundaan Lalu Lintas Mayor

Jika $DS > 0,6$

$$DT1 = \frac{1,05034}{(0,346-0,246) \times DS} - (1 - DS) \times 1,8 \dots\dots\dots \text{III. 11}$$

Rumus III. 11 Tundaan Lalu Lintas Mayor

Sumber : MKJI, 1997

- I. Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (DTmi)

$$DTmi = \frac{Qtot \times DT1 - Qma}{Qmi} \times DTma \dots\dots\dots \text{III. 12}$$

Rumus III. 12 Tundaan Lalu Lintas Minor

Sumber : MKJI, 1997

Keterangan:

Qtot = Jumlah arus kendaraan total (smp/jam)

Qma = Jumlah arus kendaraan total jalan mayor (smp/jam)

Qmi = Jumlah arus kendaraan total jalan minor (smp/jam)

- m. Tundaan Geometrik Simpang (DG)

$$DG = (1 - DS) \times (Pt \times 6 + (1 - Pt) \times 3) + DS \times 4 \dots\dots\dots \text{III. 13}$$

Rumus III. 13 Tundaan Geometrik Simpang

Sumber : MKJI, 1997

Keterangan:

Pt = Rasio belok total

- n. Tundaan Simpang (D)

$$D = DT + DG \dots\dots\dots \text{III. 14}$$

Rumus III. 14 Tundaan Simpangan

Sumber : MKJI, 1997

- o. Peluang Antrian (QP)

$$QPmax\% = 47,71 \times DS - 24,68 \times DS^2 + 64,47 \times D \dots\dots\dots \text{III. 15}$$

Rumus III. 15 Persentase Peluang Antrian Maksimum

$$QP\% = 0,92 \times DS + 20,66 \times DS^2 + 10,49 \times DS^3 \dots\dots\dots \text{III. 16}$$

Rumus III. 16 Persentase peluang antrian maksimum

Sumber : MKJI, 1997

3.5.2 Simpang Bersinyal

a. Kapasitas total / Arus Jenuh Simpang Bersinyal (S)

Kapasitas total untuk seluruh lengan simpang adalah hasil perkalian antara kapasitas dasar (S_0) untuk kondisi tertentu (ideal) dan faktor-faktor koreksi (F), dengan memperhatikan kondisi sesungguhnya terhadap kapasitas.

Pada simpang bersinyal perhitungan kapasitas dapat menggunakan rumus berikut ini:

$$S = S_0 \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_g \times F_p \times F_{lt} \times F_{rt} \dots\dots\dots \text{III. 17}$$

Rumus III. 17 Kapasitas Total/Arus Jenuh Simpang Bersinyal

Sumber : MKJI, 1997

Keterangan:

- S_0 = Arus jenuh dasar (smp/jam)
- F_{cs} = Faktor koreksi ukuran kota
- F_{sf} = Faktor penyesuaian hambatan samping
- F_g = Faktor penyesuaian kelandaian
- F_p = Faktor penyesuain parkir
- F_{lt} = Faktor koreksi prosentase belok kanan
- F_{rt} = Faktor koreksi prosentase belok kanan

Sebelum menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi nilai arus jenuh terlebih dahulu ditentukan dari rumus berikut :

$$S_0 = W_e \times 600$$

Sumber : MKJI, 1997

Setelah dilakukan penelitian oleh Munawar dkk (2003). Nilai arus jenuh di lapangan ternyata lebih besar dari nilai tersebut, yaitu 1,3 kali sehingga rumus empiris dari MKJI 1997 tersebut dianjurkan untuk dikoreksi menjadi

$$S_0 = W_e \times 780 \dots\dots\dots \text{III. 18}$$

Rumus III. 18 Arus Jenuh

Sumber : Penelitian Munawar (2003)

Keterangan :

We = Lebar Efektif Jalan (m)

b. FCcs (Faktor penyesuaian ukuran kota)

Faktor penyesuaian ukuran kota adalah faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar sehubungan dengan ukuran kota. Untuk menentukan faktor penyesuaian ukuran kota dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel III. 9 Faktor Penyesuain Ukuran Kota

Penduduk Kota (Juta Jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota
> 3,0	1,05
1,0 – 3,0	1,00
0,5 – 1,0	0,94
0,1 – 0,5	0,83
< 0,1	0,82

Sumber : MKJI, 1997

c. Fsf (Faktor penyesuaian hambatan samping)

Faktor penyesuaian hambatan samping. Sebelum Menentukan penyesuaian hambatan samping terlebih dahulu harus diketahui rasio kendaraan tak bermotor (Pum). Faktor penyesuaian dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

$$Pum = \frac{Qum}{Qtot} \dots\dots\dots \text{III. 18}$$

Rumus III. 19 Rasio Kendaraan Tak Bermotor

Sumber : MKJI, 1997

Keterangan:

Qum = Jumlah Kendaraan tak Bermotor (kend/jam)

Qtot =Jumlah Kendaraan total (kend/jam)

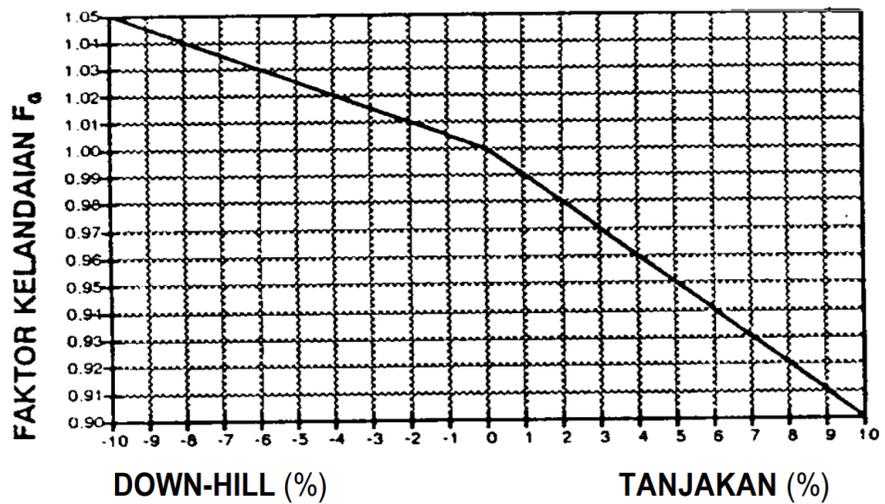
Tabel III. 10 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Kelas Tipe Lingkungan Jalan	Kelas Hambatan Samping	Tiap Fase	Rasio Kend. Tak Bermotor					
			0	0,05	0,1	0,15	0,2	≥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	0,8	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,9	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,9	0,89	0,87	0,83
Perumahan (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	0,9	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,8	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses Terbatas (RA)	Tinggi/Sedang /Rendah	Terlawan	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75
		Terlindung	1	0,98	0,95	0,93	0,9	0,88

Sumber : MKJI, 1997

d. Fg (Faktor Penyesuaian Kelandaian)

Tabel III. 11 Faktor Penyesuaian Kelandaian



Sumber : MKJI, 1997

e. F_p (Faktor Penyesuaian Parkir)

$$F_p = [L_p/3 - (W_A - 2) \times (L_p/3 - g)/W_A]/g \dots\dots\dots \text{III. 20}$$

Rumus III. 20 Faktor Penyesuaian Parkir

Sumber : MKJI, 1997

Keterangan :

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

W_A = Lebar pendekat

G = Waktu hijau pendekat (nilai normal 26 det)

f. F_{rt} (Faktor penyesuaian belok kanan)

Faktor penyesuaian belok kanan adalah faktor penyesuaian kapasitas dasar akibat belok kanan. Prosentase belok kanan ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_{rt} = \frac{Q_{rt}}{Q_{tot}} \dots\dots\dots \text{III. 21}$$

Rumus III. 21 Prosentase Belok Kanan

Sumber : MKJI, 1997

P_{rt} = Rasio kendaraan belok kanan

Q_{rt} = Jumlah kendaraan belok kanan (smp/jam)

Q_{tot} = Jumlah total arus kendaraan pada kakipersimpangan tersebut (smp/jam)

Setelah diketahui P_{rt} , kemudian dihitung F_{rt} dengan melihat pada tabel atau dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$F_{rt} = 1,0 + P_{rt} \times 0,26 \dots\dots\dots \text{III. 22}$$

Rumus III. 22 Faktor Penyesuaian Belok Kanan

Sumber : MKJI, 1997

- g. Flt (Faktor penyesuain belok kiri) Prosentase belok kiri ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Plt = \frac{Qlt}{Qtot} \dots\dots\dots \text{III. 23}$$

Rumus III. 23 Prosentase Belok Kiri

Sumber : MKJI, 1997

Keterangan:

Plt = Rasio kendaraan belok kiri

Qlt = Jumlah kendaraan belok kiri (smp/jam)

Qtot = Jumlah total arus kendaraan pada kaki persimpangan tersebut (smp/jam)

Setelah Plt diketahui, maka dapat diketahui Flt dengan melihat pada tabel atau dengan menggunakan rumus:

$$Flt = 1,0 - Plt \times 0,16 \dots\dots\dots \text{III. 24}$$

Rumus III. 24 Faktor Penyesuaian Belok Kiri

Sumber : MKJI, 1997

- h. FR (Rasio arus lalu lintas)

Rasio arus lalu lintas dengan arus jenuh.

$$FR = \frac{Q}{S} \dots\dots\dots \text{III. 25}$$

Rumus III. 25 Rasio Arus Lalu Lintas

Sumber : MKJI, 1997

Keterangan:

Q = Arus Lalu Lintas (smp/jam)

S = Arus Jenuh (smp/jam)

- i. IFR

Jumlah nilai FR paling tinggi dari setiap fase rumus.

$$IFR = \Sigma FR_{crit} \dots\dots\dots III. 26$$

Rumus III. 26 Jumlah Nilai FR Maksimal Setiap Fase

Sumber : MKJI, 1997

j. PR

Perbandingan antara nilai FR paling tinggi dengan IFR dari setiap fase.

$$PR = \frac{FR_{crit}}{IFR} \dots\dots\dots III. 27$$

Rumus III. 27 Perbandingan Nilai FR Maksimum dengan IFR Setiap Fase

Sumber : MKJI, 1997

k. Cua (Waktu siklus sebelum penyesuaian)

Waktu siklus sebelum penyesuaian, untuk hitungan rinci terkait All Red terdapat pada pedoman (Manual Kapasitas Jalan Indonesia 2 – 44). Selanjutnya, Cua dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$Cua = \frac{1,5 \times LTI + 5}{1 - IFR} \dots\dots\dots III. 28$$

Rumus III. 28 Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian

Sumber : MKJI, 1997

l. Gi (Waktu hijau)

Waktu hijau.

$$g_i = (Cua - LTI) \times PR \dots\dots\dots III. 29$$

Rumus III. 29 Waktu Hijau

Sumber : MKJI, 1997

m. C (Waktu siklus setelah penyesuaian)

Waktu siklus setelah penyesuaian.

$$c = \Sigma g + LTI \dots\dots\dots III. 30$$

Rumus III. 30 Waktu Siklus Setelah Penyesuaian

Sumber : MKJI, 1997

n. C (Kapasitas simpang)

Kapasitas simpang (smp/jam).

$$C = S \times \frac{g^i}{c} \dots\dots\dots \text{III. 31}$$

Rumus III. 31 Kapasitas Simpang

Sumber : MKJI, 1997

o. Ds (Derajat Kejenuhan)

Derajat kejenuhan merupakan rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat. Derajat kejenuhan ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$DS = \frac{Q_{tot}}{c} \dots\dots\dots \text{III. 32}$$

Rumus III. 32 Derajat Kejenuhan

Sumber : MKJI, 1997

p. QL (Panjang Antrian)

Menentukan panjang antrian, terlebih dahulu harus menghitung jumlah kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ1) dan jumlah kendaraan yang datang pada selama fase merah (NQ2) dengan menggunakan rumus-rumus berikut:

$$NQ1 = C \times ((DS - 1) + \sqrt{((DS - 1)^2 + (8 \times (DS - 0,5))/C)}) \dots\dots\text{III. 33}$$

Rumus III. 33 Jumlah Kendaraan Yang Tersisa Dari Fase Hijau
Sebelumnya

$$NQ2 = c \times \frac{1 - (\frac{g^i}{c})}{1 - (\frac{g^i}{c}) \times 0,5} \times \frac{Q}{3600} \dots\dots\dots \text{III. 34}$$

Rumus III. 34 Jumlah Kendaraan Yang Datang Pada Selama Fase
Merah

Sumber : MKJI, 1997

Selanjutnya NQ1 dan NQ2 dijumlahkan sehingga didapatkan NQ, baru kemudian panjang antrian dapat ditentukan dengan rumus dibawah ini:

$$QL = NQ_{\max} \times \frac{20}{w_e} \dots\dots\dots \text{III. 35}$$

Rumus III. 35 Panjang Antrian

Sumber : MKJI, 1997

Keterangan:

Nq_{\max} = NQ maksimal setiap fase

w_e = lebar pendekat

q. Tundaan Lalu Lintas (Delay)

Tundaan rata-rata D (detik/smp) adalah tundaan rata-rata untuk seluruh kendaraan yang masuk simpang, ditentukan dari hubungan empiris antara tundaan D dan derajat kejenuhan DS .

$$D_j = DT_j + DG_j \dots\dots\dots \text{III. 36}$$

Rumus III. 36 Tundaan Lalu Lintas

Sumber : MKJI, 1997

r. Tundaan rata-rata lalu lintas.

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)} + \frac{NQ1 \times 3600}{c} \dots\dots\dots \text{III. 37}$$

Rumus III. 37 Tundaan Rata-Rata Lalu Lintas

Sumber : MKJI, 1997

s. Tundaan Geometri

Tundaan geometri simpang adalah geometrik rata-rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk simpang.

$$DG_j = (1 - psv)^6 + (Psv \times 4) \dots\dots\dots \text{III. 38}$$

Rumus III. 38 Tundaan Geometri

Sumber : MKJI, 1997

t. Angka Henti (NS)

Pada masing-masing pendekat adalah jumlah rata-rata kendaraan berhenti per smp, ini termasuk henti berulang sebelum melewati garis stop simpang. Untuk memperoleh nilai angka henti dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \dots\dots\dots \text{III. 39}$$

Rumus III. 39 Angka Henti

Sumber : MKJI, 1997

Keterangan:

- NS = Angka henti
- NQ = Jumlah antrian
- C = Waktu siklus (detik)
- Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

Perhitungan jumlah kendaraan terhenti (NSV) untuk tiap pendekat dapat diitung dengan menggunakan persamaan:

$$Nsv = Q \times NS \dots\dots\dots \text{III. 40}$$

Rumus III. 40 Jumlah Kendaraan Berhenti

Sumber : MKJI, 1997

Keterangan:

- Nsv = Jumlah kendaraan berhenti
- Q = Arus lalu lintas (smp/ja)
- NS = Angka henti

Perhitungan laju henti rata rata untuk seluruh simpang dilakukan dengan cara membagi jumlah kendaraan berhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total Q dalam kendaraan/jam. Berikut ini laju henti rata – rata dapat dihitug menggunakan persamaan:

$$NStot = \frac{\sum Nsv}{Qtot} \dots\dots\dots \text{III. 41}$$

Rumus III. 41 Laju Henti Rata-Rata

Sumber : MKJI, 1997

Keterangan:

- Nstot = Laju henti rata – rata

ΣNSv = Jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat

Q_{tot} = Arus simpang total (kendaraan/jam)

3.6 Standarisasi

Penyesuaian kendaraan dalam Satuan Mobil Penumpang terdapat pada tabel dibawah ini:

Tabel III. 12 Penyesuaian Kendaraan dalam Satuan Mobil Penumpang

Tipe Kendaraan	Pendekat Terlindung	Pendekat Terlawan
Kendaraan Ringan	1	1
Kendaraan Berat	1,3	1,3
Sepeda Motor	0,2	0,4
Kend. Tak Bermotor	0,5	1

Sumber : MKJI, 1997