

## **BAB III**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **3.1 Pengertian Simpang dan APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas)**

Persimpangan adalah daerah atau tempat dimana dua atau lebih jalan raya yang berpencar, bergabung, bersilangan dan berpotongan, termasuk fasilitas jalan dan sisi jalan untuk pergerakan lalu lintas pada daerah itu. Menurut Hakim (2023), persimpangan adalah ruas suatu jalan dimana arus dari berbagai arah bertemu. Hal ini menyebabkan persimpangan terjadi konflik antara arus dari berbagai arah yang berlawanan dan saling memotong, dan mengakibatkan kemacetan. Menurut Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Nomor: 273/HK.105/DJRD/96 tentang Pedoman Teknis Pengaturan Lalu Lintas di Persimpangan Berdiri Sendiri, menjelaskan persimpangan adalah pertemuan atau percabangan jalan, baik sebidang maupun yang tidak sebidang. Sedangkan menurut Astuti (2023), persimpangan adalah suatu daerah dua atau lebih ruas jalan bergabung, berpotongan atau bersilangan terjadi konflik lalu lintas. Hadi (2023), menjelaskan bahwa persimpangan adalah titik atau lokasi terjadinya pergerakan lalu lintas kendaraan yang menjadi pertemuan atau perpotongan dari dua bidang ruas jalan atau lebih.

Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), menjelaskan bahwa persimpangan ditandai sebagai semua area dimana setidaknya dua jalan bertemu atau berpotongan, termasuk jalan dan fasilitas lalu lintas. Menurut Tuda (2018), persimpangan jalan adalah simpul pada jaringan jalan dimana ruas jalan bertemu dan lintasan arus kendaraan berpotongan. Persimpangan merupakan bagian yang terpenting dari jalan raya sebab sebagian besar akan tergantung dari efisiensi, kapasitas lalu lintas, kecepatan, biaya operasi, waktu perjalanan, keamanan dan kenyamanan. Masalah-masalah seperti kemacetan dan kecelakaan lalu lintas pada persimpangan dapat diminimalisir dengan melakukan beberapa tindakan perbaikan kondisi persimpangan tersebut. Perbaikan ini dapat dilakukan pada kondisi geometrik

persimpangan seperti penambahan lebar perkerasan pada pendekat masuk persimpangan dari ruas jalan yang sering mengalami kemacetan atau perubahan pengendali persimpangan dengan memasang lampu lalu lintas dengan perencanaan dan analisa yang tepat.

Menurut Undang-Undang Nomor 22 tahun 2009, Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas adalah perangkat elektronik yang menggunakan isyarat lampu yang dapat dilengkapi dengan isyarat bunyi untuk mengatur lalu lintas orang dan/atau kendaraan di persimpangan atau pada ruas jalan. Berdasarkan ada tidaknya APILL, simpang dibedakan menjadi dua jenis yaitu simpang bersinyal dan simpang tak bersinyal. Simpang bersinyal adalah simpang yang memiliki tipe pengendalian berupa APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas). Sedangkan simpang tak bersinyal adalah simpang dengan tipe pengendalian tanpa APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas).

Menurut Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 20/SE/Db/2021 tentang Pedoman Desain Geometrik Jalan, dijelaskan bahwa APILL sebagai alat pengatur arus lalu lintas di persimpangan sebidang, digunakan untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas dan memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan yang bersimpangan untuk memotong jalan utama sehingga menghindari kejadian kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan dari arah yang bertentangan.

APILL juga bisa disebut sebagai perangkat elektronik yang menggunakan isyarat lampu yang dapat dilengkapi dengan isyarat bunyi untuk mengatur lalu lintas orang dan/atau kendaraan di persimpangan atau pada ruas jalan. Menurut Nasmirayanti (2019), fungsi APILL adalah untuk mengatur pemakaian ruang persimpangan, meningkatkan keteraturan arus lalu lintas, meningkatkan kapasitas dari persimpangan, dan mengurangi kecelakaan dalam arah tegak lurus.

Menurut Shidik (2023), Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) adalah lampu pada titik persimpangan serta penyeberangan yang digunakan untuk mengontrol arus lalu lintas. APILL merupakan salah satu alat untuk mengontrol arus lalu lintas di suatu simpang jalan (pertemuan jalan sebidang

dengan memberikan prioritas bagi masing-masing pergerakan lalu lintas secara bergantian dalam suatu periode waktu untuk memerintahkan para pengemudi untuk berhenti atau berjalan. Alat ini menggunakan indikasi lampu hijau, kuning, dan merah. Keberhasilan suatu APILL sebagai alat pengendali simpang tergantung dari unsur alat pengatur (*controller*) yang digunakan yang merupakan otak (*hardware*) dari semua program waktu siklus tergantung kemampuan dari alat pengatur. Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas terbagi atas alat pengatur waktu tetap (*pre-timed controller*) dan alat pengatur waktu otomatis (*actuated controller*). Waktu siklus sudah ditetapkan lebih awal untuk masing-masing program waktu untuk setiap harinya sebagai input pada alat pengatur (*controller*). Alat pengatur waktu tetap dibedakan atas dua jenis, yaitu:

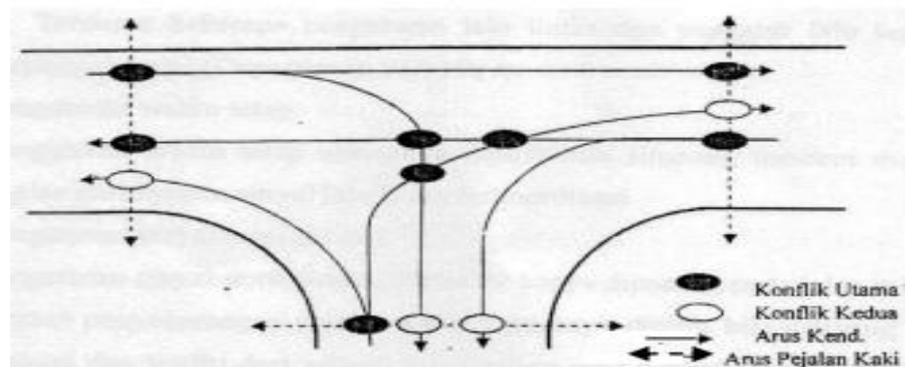
1. Alat pengatur waktu tetap dengan program tunggal (*single program*)  
Alat pengatur adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk memprogram rencana penyalan (*timing plan*) Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Alat pengatur waktu tetap dengan program tunggal (*single*) ini memiliki kemampuan terbatas yaitu hanya satu program waktu dalam sehari untuk mengalirkan arus lalu lintas yang bergerak dari setiap kaki simpang sangat berubah-ubah setiap jam dalam sehari. Inilah kelemahan dari alat pengatur ini, dan sangat cocok untuk volume lalu lintas rendah dan tetap sepanjang hari serta harganya relatif murah.
2. Alat pengatur waktu tetap dengan program banyak (multi program)  
Perkembangan terbaru sebagai pengembangan alat pengatur waktu tetap program tunggal (*single*) adalah alat pengatur waktu tetap dengan program banyak (multi). Alat pengatur ini relatif fleksibel walaupun tidak sebaik alat pengatur waktu otomatis (*actuated*) memiliki kemampuan cukup baik, yaitu memiliki program waktu lebih dari 8-10 rencana penyalan (*timing plan*) waktu siklus ditambah flashing dalam sehari dan jumlah fase yang dapat diatur sesuai dengan keinginan. Rencana penyalan (*timing plan*) untuk hari tertentu dan hari khusus seperti Nyepi dapat diprogramkan.

### 3.2 Tipe Pengendalian Simpang

Pengendalian simpang dimaksudkan untuk dapat lebih mengatur kendaraan yang melewati simpang. Seperti yang kita ketahui, pada simpang tak bersinyal tanpa pengendalian seperti Simpang Pengosekan cenderung kendaraan tidak teratur dalam melewati simpang. Oleh karena itu pengendalian simpang sangat diperlukan untuk mengatur kendaraan yang melewati simpang. Selain itu pengendalian simpang juga digunakan sebagai berikut.

1. Mengurangi konflik yang terjadi pada simpang serta mengurangi risiko terjadinya kecelakaan. Konflik-konflik yang dimaksud seperti: berpisah (*diverging*), bergabung (*merging*), berpotongan (*crossing*), dan bersilangan (*weaving*);

Berikut adalah konflik yang berada pada simpang 3 lengan.



Sumber: Sabrina (2021)

**Gambar III. 1** Konflik utama dan kedua pada simpang dengan tiga lengan  
Jika hanya konflik – konflik utama yang dipisahkan maka kemungkinan untuk mengatur sinyal lampu lalu lintas dengan dua phase. Masing-masing sebuah phase untuk jalan yang berpotongan, metode ini selalu dapat diterapkan jika gerak belok kanan dalam suatu persimpangan tidak dilarang. Karena pengaturan dua phase 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 banyaknyaphase harus ditambah. Penggunaan lebih dari dua phase

biasanya akan menambah waktu siklus dan rasio waktu yang disediakan untuk pergantian antar phase. 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 signal, perancang dapat mendistribusikan kapasitas jalan kepada berbagai pendekatan melalui alokasi waktu hijau pada tiap pendekatan. Sehingga untuk menghitung kapasitas dan perilaku lalu lintas, pertama – tama perlu ditentukan phase dan waktu signal yang paling sesuai pada kondisi yang ditinjau.

2. Menjaga kapasitas simpang agar dapat optimal sesuai rencana. Dengan adanya pengendalian simpang maka kendaraan yang melewati simpang akan lebih teratur dan tidak melebihi kapasitas simpang tersebut;
3. Pengendalian simpang akan memberikan petunjuk lalu lintas bagi pengguna jalan. Sehingga dapat memudahkan pengguna jalan.

Menurut Sriharyani (2020), pengendalian sesuai dengan kondisi lalu lintas, dimana terdapat pertemuan jalan dengan arah pergerakan yang berbeda, simpang sebidang merupakan lokasi yang potensial untuk menjadi titik pusat konflik lalu lintas yang bertemu, penyebab kemacetan, akibat perubahan kapasitas, tempat terjadinya kecelakaan, konsentrasi para penyeberang jalan atau pedestrian. Adapun metode pengendalian simpang adalah sebagai berikut.

### 3.2.1 Simpang Prioritas

Menurut Fidan (2023), metode pengendalian ini lebih menekankan pada pemberian prioritas kendaraan yang lewat dari kaki simpang mayor atau jalan utama. Prioritas diberikan dimaksudkan agar ke jalan dengan volume lebih tinggi dapat terlebih dahulu melintasi persimpangan dengan tujuan untuk mengurangi antrian serta tundaan yang panjang pada jalan utama. Simpang prioritas ditandai dengan adanya rambu prioritas pada kaki simpang tersebut. Salah satu rambu yang digunakan di simpang prioritas

menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 13 Tahun 2014 tentang Rambu Lalu Lintas adalah sebagai berikut.



Rambu larangan berjalan terus karena wajib memberi prioritas kepada arus lalu lintas dari arah yang diberi prioritas

*Sumber: PM 13 Tahun 2014*

**Gambar III. 2** Contoh Rambu Pada Simpang Prioritas

### 3.2.2 Simpang APILL

Menurut Stmangkuto (2021) metode pengendalian simpang dengan APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) merupakan salah satu metode pengendalian simpang dengan menggunakan alat elektronik yang mengatur kendaraan dalam memasuki simpang. APILL memberikan urutan dan memandu pengendara dari masing-masing kaki simpang.

Menurut Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Nomor: 273/HK.105/DJRD/96 tentang Pedoman Teknis Pengaturan Lalu Lintas Di Persimpangan Berdiri Sendiri Dengan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas serta PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas, dijelaskan bahwa kriteria bagi persimpangan yang sudah harus menggunakan APILL adalah sebagai berikut.

1. Arus minimal lalu lintas yang menggunakan rata-rata diatas 750 kendaraan/jam selama 8 jam dalam sehari;
2. Atau bila waktu menunggu/tundaan rata-rata kendaraan di persimpangan telah melampaui 30 detik;
3. Atau persimpangan digunakan oleh rata-rata lebih dari 175 pejalan kaki/jam selama 8 jam dalam sehari;

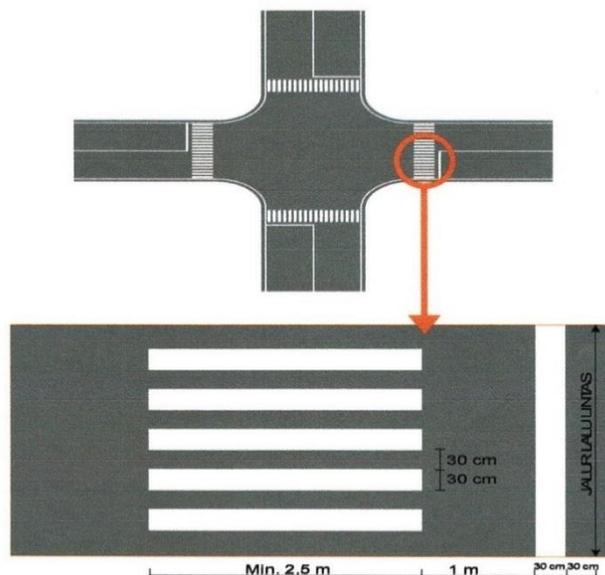
4. Atau sering terjadi kecelakaan pada persimpangan yang bersangkutan;
5. Atau merupakan kombinasi dari sebab- sebab yang disebutkan di atas.

PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas juga menjelaskan tentang Pengendalian dengan simpang ber APILL sekurang-kurangnya dilengkapi dengan APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas), marka dan rambu peringatan. Berikut adalah contoh marka serta rambu peringatan pada simpang dengan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas.

1. Marka

- a. Marka Penyeberangan (*zebra cross*)

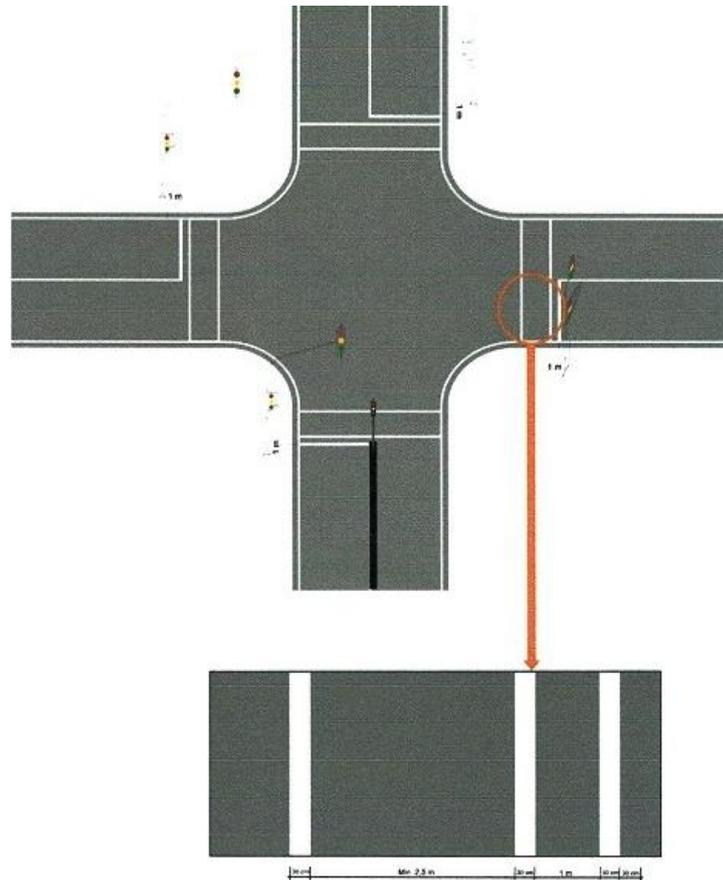
Menurut PM 67 Tahun 2018 tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 34 Tahun 2014 Tentang Marka Jalan, dijelaskan bahwa *zebra cross* selalu dibuat bersama-sama Garis Stop dan dapat berupa dua buah marka melintang tegak lurus terhadap sumbu jalan khusus pada persimpangan jalan yang dilengkapi dengan APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas).



Sumber: PM 67 Tahun 2018

**Gambar III. 3** Zebra Cross pada Persimpangan Tegak Lurus

Zebra cross selalu dibuat bersama-sama Garis Stop dan dapat berupa dua buah marka melintang tegak lurus terhadap sumbu jalan khusus pada persimpangan jalan yang dilengkapi dengan APILL.



Sumber: PM 67 Tahun 2018

**Gambar III. 4** Marka Penyeberangan pada Simpang APILL  
Pada gambar III.3 Marka Penyeberangan pada Simpang APILL dapat diketahui bahwa untuk marka *zebra cross* pada simpang merupakan dua buah marka melintang dengan jarak antar marka minimal 2,5 meter. Sedangkan jarak dari marka penyeberangan dengan marka *stop line* pada simpang adalah 1 meter. Dengan ketebalan marka 30 mm. Sedangkan jarak antara Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas dengan marka stop kendaraan adalah 1 meter.

b. Marka Garis Pengarah

Berdasarkan PM 67 Tahun 2018 tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 34 Tahun 2014 Tentang Marka Jalan, marka garis *stop line* berjarak 1 m dari marka penyeberangan atau *zebra cross*. Sedangkan jarak garis pengarah atau garis untuk tempat kendaraan berhenti yang berbentuk marka membujur garis utuh pada kaki simpang memiliki panjang minimal 20 meter.

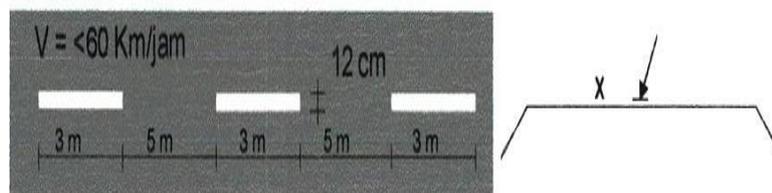


Sumber: PM 67 Tahun 2018

**Gambar III. 5** Garis Pengarah pada Simpang

c. Marka Garis Membujur Putus-Putus

Garis membujur putus-putus digunakan sebagai pembatas dan pembagi lajur dengan ketentuan sebagai berikut untuk jalan dengan 2 lajur, 2 arah, dengan lebar lebih dari 550 cm.



Sumber: PM 67 Tahun 2018

**Gambar III. 6** Garis Membujur Putus-Putus

Garis membujur putus-putus memiliki panjang 3 meter dengan ketebalan 12 cm serta jarak antar garis adalah 5 meter.

d. Rambu Peringatan Lampu Isyarat Lalu Lintas



*Sumber: PM 13 Tahun 2014*

**Gambar III. 7** Rambu Peringatan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas Berdasarkan PM 13 Tahun 2014 tentang Rambu Lalu Lintas, penempatan rambu peringatan pada sisi jalan sebelum tempat berbahaya dengan memperhatikan kondisi lalu lintas, cuaca, dan keadaan jalan yang disebabkan oleh faktor geografis, geometris, permukaan jalan, dan kecepatan rencana jalan. Untuk jalan dengan kecepatan rencana 60 (enam puluh) kilometer per jam atau kurang paling sedikit berjarak 50 (lima puluh) meter. Batas kecepatan ditentukan berdasarkan PM 111 Tahun 2015 tentang Tata Cara Penetapan Batas Kecepatan disebutkan bahwa untuk kawasan perkotaan kecepatan paling tinggi 50 (lima puluh) kilometer per jam. Jalan pada kawasan perkotaan terdiri atas: jalan nasional yang berupa arteri primer, kolektor primer, arteri sekunder, kolektor sekunder, lokal sekunder; jalan provinsi yang berupa kolektor primer, kolektor sekunder, lokal sekunder dan jalan strategis provinsi; dan jalan kabupaten/kota yang berupa jalan umum pada jaringan jalan sekunder di dalam kota.

### 3.2.3 Bundaran

Pengendalian simpang dengan bundaran adalah salah satu metode pengendalian dengan cara membuat bundaran pada mulut simpang. Bundaran akan membantu mengurangi konflik pada

simpang seperti pergerakan berpecah (*diverging*), bergabung (*merging*), berpotongan (*crossing*), dan bersilangan (*weaving*). Sehingga dengan demikian akan dapat memperlambat kecepatan kendaraan dalam melewati simpang dan mengurangi resiko kecelakaan akibat konflik simpang. Namun dengan metode ini memerlukan ruang yang cukup di simpang untuk dapat membuat bundaran di mulut simpang.

#### 3.2.4 Simpang Tak Sebidang

Simpang tak sebidang berarti setiap kaki simpang tidak berada pada bidang yang sama. Hal ini bertujuan untuk mengurangi konflik yang terdapat pada simpang. Sebagai contoh dari simpang tak sebidang ini adalah pembuatan terowongan pada simpang atau ada jalan layang di atas simpang. Sehingga kendaraan dapat melaju tanpa harus memperhatikan konflik yang mungkin terjadi dari kaki simpang lainnya.

### 3.3 Analisis Simpang Tak Bersinyal Berdasarkan MKJI 1997

Analisis simpang tak bersinyal pada penyusunan kertas kerja wajib ini berpedoman pada MKJI 1997. Untuk lebih jelasnya perhitungan analisis simpang tak bersinyal dijabarkan dalam formulir-formulir MKJI 1997 yaitu formulir I terkait geometri dan arus lalu lintas dan formulir II tentang analisis pendekatan dan tipe persimpangan, kapasitas, serta perilaku lalu lintas. Berikut uraian analisis simpang tak bersinyal.

#### 3.3.1 Kapasitas

Kapasitas pada simpang tak bersinyal didapatkan dari menghitung kapasitas dasar ( $C_0$ ) kemudian dikalikan dengan beberapa faktor penyesuaian. Untuk rumus kapasitas pada simpang tak bersinyal adalah sebagai berikut.

$$C = C_0 \times F_W \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \text{ (smp/jam)}$$

...**Rumus III.1**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 1** Perhitungan Kapasitas Simpang Tak Bersinyal

Dengan keterangan sebagai berikut.

- C = Kapasitas Simpang Tak Bersinyal (smp/jam)
- C<sub>0</sub> = Kapasitas Dasar (smp/jam)
- F<sub>W</sub> = Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat
- F<sub>M</sub> = Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama
- F<sub>CS</sub> = Faktor Penyesuaian Ukuran Kota
- F<sub>RSU</sub> = Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, dan Kendaraan Tak Bermotor
- F<sub>LT</sub> = Faktor Penyesuaian Belok Kiri
- F<sub>RT</sub> = Faktor Penyesuaian Belok Kanan
- F<sub>MI</sub> = Faktor Penyesuaian Rasio Arus Jalan Minor

Untuk penjelasan lebih rinci per indikator dalam penentuan kapasitas simpang tak bersinyal adalah sebagai berikut.

#### 1. Kapasitas Dasar (C<sub>0</sub>)

Sebelum mengetahui kapasitas dasar simpang tak bersinyal, terlebih dahulu melakukan inventarisasi terkait dengan tipe simpang tak bersinyal yang dikaji. Dari penentuan tipe simpang akan diketahui kapasitas dasar simpang tersebut. Kapasitas dasar simpang memiliki satuan dalam smp/jam. Kapasitas dasar ini diibaratkan sebagai kapasitas simpang pada kondisi dasar yang telah ditetapkan sebelumnya di MKJI 1997. Berikut adalah nilai kapasitas dasar menurut tipe simpang tak bersinyal.

**Tabel III. 1** Kapasitas Dasar Simpang Tak Bersinyal

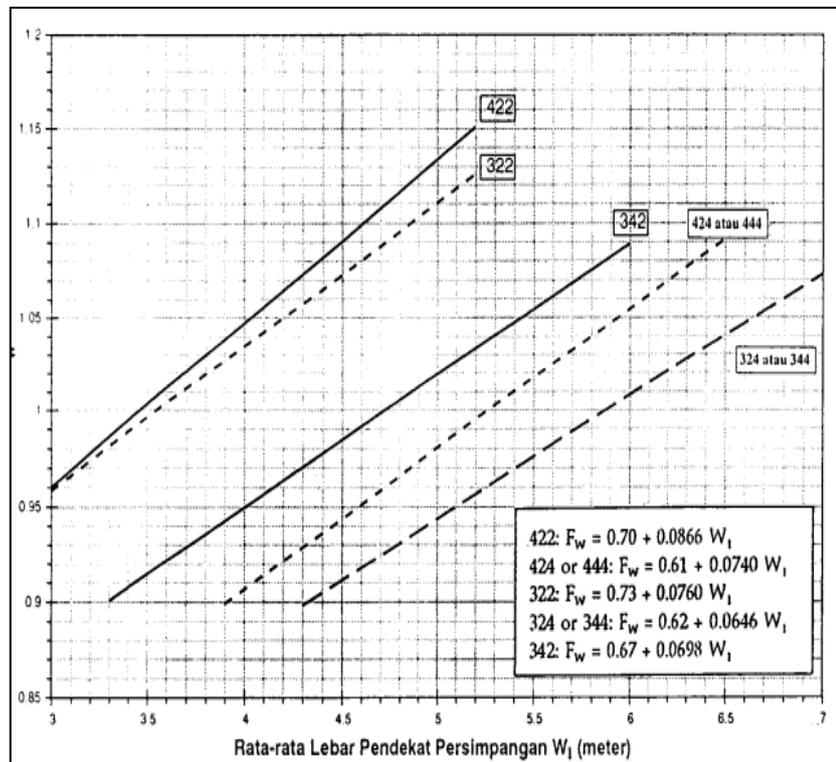
Tipe Simpang (IT)	Kapasitas Dasar (smp/jam)
322	2700
342	2900
324 atau 344	3200
422	2900
424 atau 444	3400

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

#### 2. Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat (F<sub>W</sub>)

Untuk faktor penyesuaian lebar pendekat ini dihitung berdasarkan tipe simpang yang dikaji. Komponen lain yang dimasukkan adalah W<sub>1</sub> yang di dapat dari hasil pengukuran lebar pendekat rata-rata simpang (Data hasil survei inventarisasi). Untuk rumus faktor

penyesuaian lebar pendekat sudah ditentukan di dalam MKJI 1997. Berikut adalah grafik serta rumus faktor penyesuaian lebar pendekat pada simpang tak bersinyal.



Sumber: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Gambar III. 8** Grafik Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat ( $F_w$ )

### 3. Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama ( $F_M$ )

Untuk faktor penyesuaian median jalan utama ini dimaksudkan sebagai faktor yang digunakan sebagai salah satu pertimbangan dalam mengukur kapasitas simpang. Dengan adanya median akan memberikan pemisah arus jalan yang jelas. Median dianggap lebar jika kendaraan ringan dapat berlindung pada daerah median tanpa mengganggu arus lalu lintas. Hal tersebut memungkinkan jika lebar median 3 m atau lebih. Berikut adalah tabel faktor penyesuaian median jalan utama.

**Tabel III. 2** Penyesuaian Median Jalan Utama ( $F_M$ )

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

Sumber: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

#### 4. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota ( $F_{CS}$ )

Faktor penyesuaian faktor ukuran kota ditentukan berdasarkan jumlah penduduk pada wilayah kajian. Biasanya menggunakan jumlah penduduk per kabupaten atau kota lokasi simpang berada. Berikut adalah tabel faktor penyesuaian ukuran kota.

**Tabel III. 3** Penyesuaian Ukuran Kota ( $F_{CS}$ )

Ukuran Kota (CS)	Penduduk Juta (Dalam Juta)	Faktor penyesuaian ukuran kota ( $F_{CS}$ )
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: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

#### 5. Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, dan Kendaraan Tak Bermotor ( $F_{RSU}$ )

Untuk perhitungan faktor penyesuaian ini dihitung menggunakan tabel yang bersumber dari MKJI 1997. Adapun indikator yang digunakan adalah kelas tipe lingkungan jalan yang berkaitan dengan tata guna lahan atau keadaan lingkungan di sekitar simpang kajian. Untuk selanjutnya yang menjadi indikator adalah kelas hambatan samping. Kelas hambatan samping dinilai

berdasarkan hambatan yang ada di sekitar seperti adanya banyak kendaraan yang parkir, pedagang kaki lima dan lain-lain yang dapat menghambat pergerakan kendaraan pada simpang. Serta indikator yang terakhir adalah rasio kendaraan tidak bermotor. Rasio kendaraan tidak bermotor didapat dari hasil survei CTMC (*Classified Turning Movement Counting*) dengan membagi volume kendaraan tak bermotor dengan volume total kendaraan sehingga didapat berapa rasio kendaraan tak bermotor pada simpang tersebut. Berikut adalah tabel faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan sampang, dan kendaraan tak bermotor.

**Tabel III. 4** Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Sampang, Dan Kendaraan Tak Bermotor ( $F_{RSU}$ )

Jalan ( $R_E$ )	Kelas hambatan sampang ( $SF$ )	Rasio Kendaraan tak bermotor ( $P_{UM}$ )					
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	>0,25
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/ Rendah	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

Sumber: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

#### 6. Faktor Penyesuaian Belok Kiri ( $F_{LT}$ )

Faktor penyesuaian belok kiri dihitung dengan menggunakan rumus yang terdapat pada grafik faktor penyesuaian belok kiri di MKJI 1997. Berdasarkan pada rasio belok kiri yang didapat berdasarkan hasil survei CTMC (*Classified Turning Movement Counting*) pada simpang tak bersinyal. Berikut adalah rumus dan grafik faktor penyesuaian belok kiri pada simpang tak bersinyal.

$$F_{LT} = 0,84 + 1,61 \times P_{LT}$$

.....**Rumus III.2**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 2** Faktor Penyesuaian Belok Kiri

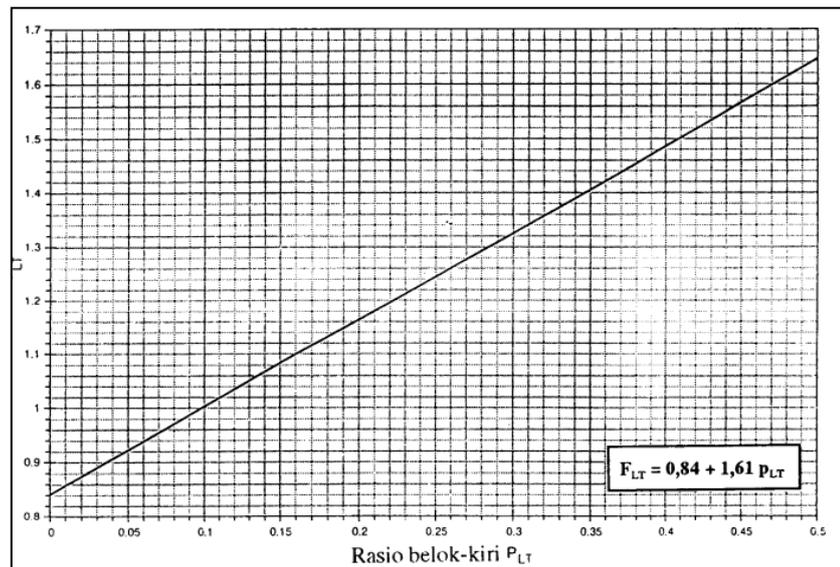
$P_{LT}$  merupakan rasio belok kiri yang dihitung dengan membagi volume kendaraan belok kiri dengan volume total berikut adalah rumus  $P_{LT}$ .

$$P_{LT} = Q_{LT}/Q_{TOT}$$

.....**Rumus III.3**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 3** Rasio Belok Kiri



*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Gambar III. 9** Grafik Faktor Penyesuaian Belok Kiri ( $F_{LT}$ )

#### 7. Faktor Penyesuaian Belok Kanan ( $F_{RT}$ )

Faktor penyesuaian belok kanan dihitung dengan rumus yang terdapat pada grafik faktor penyesuaian belok kanan di MKJI 1997. Besaran faktor penyesuaian belok kanan berbeda untuk simpang tak bersinyal empat lengan dan 3 lengan. Untuk empat lengan, nilai  $F_{RT}$  adalah 1,00 sedangkan untuk 3 lengan dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$F_{RT} = 1,09 - 0,922 \times P_{RT}$$

**Rumus III.4**

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

**Rumus III. 4** Faktor Penyesuaian Belok Kanan Simpang 3 Lengan

$P_{RT}$  merupakan rasio belok kanan yang dihitung dengan membagi volume kendaraan belok kanan dengan volume total pada simpang bersangkutan dengan rumus sebagai berikut.

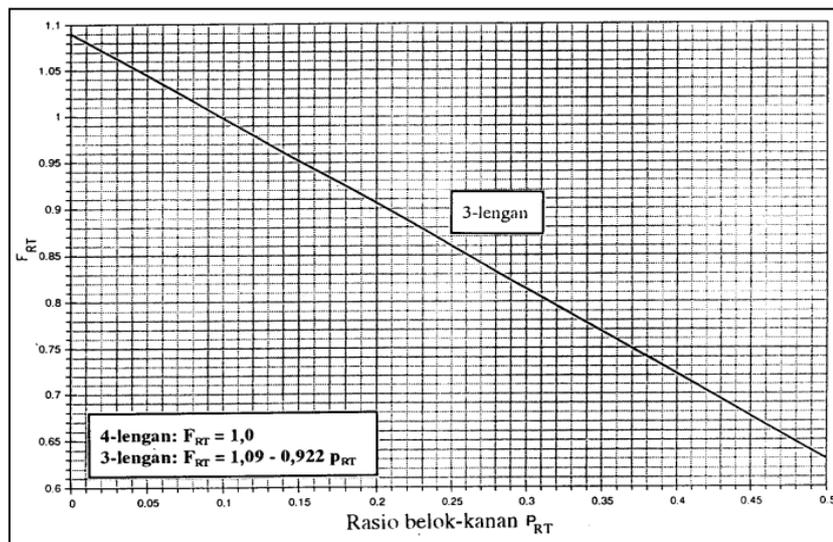
$$P_{RT} = Q_{RT}/Q_{TOT}$$

**Rumus III.5**

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

**Rumus III. 5** Rasio Belok Kanan

Berikut adalah grafik faktor penyesuaian belok kanan.



Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

**Gambar III. 10** Grafik Faktor Penyesuaian Belok Kiri ( $F_{LT}$ )

8. Faktor Penyesuaian Rasio Arus Jalan Minor ( $F_{MI}$ )

Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor dihitung dengan menggunakan rumus pada tabel rasio arus jalan minor di MKJI 1997. Untuk rumus  $F_{MI}$  dihitung berdasarkan pada tipe simpang tak bersinyal. Berikut adalah tabel faktor penyesuaian arus jalan minor.

**Tabel III. 5** Penyesuaian Arus Jalan Minor

IT	F <sub>MI</sub>	P <sub>MI</sub>
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
	$-0,555 \times P_{MI} + 0,555 \times P_{MI} + 0,69$	0,5 - 0,9

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

Untuk besaran P<sub>MI</sub> didapat dari membagi volume pada jalan minor dengan volume total pada simpang bersangkutan.

$$P_{MI} = Q_{MI}/Q_{TOT} \dots\dots\dots \text{Rumus III.6}$$

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

**Rumus III. 6** Rasio Belok Kiri

3.3.2 Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan simpang dihitung dengan membagi volume lalu lintas dengan kapasitas simpang bersangkutan. Derajat kejenuhan merupakan faktor utama yang mempengaruhi kinerja simpang. Semakin tinggi derajat kejenuhan maka semakin buruk tingkat pelayanan simpang. Untuk derajat kejenuhan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$DS = Q_{TOT} \text{ (smp/jam)}/C \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots \text{Rumus III.7}$$

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

**Rumus III. 7** Derajat Kejenuhan Simpang

3.3.3 Tundaan

Tundaan dalam simpang tak bersinyal dihitung dengan menjumlahkan Tundaan Lalu Lintas (DT<sub>I</sub>) dengan Tundaan

Geometrik (DG). Tundaan lalu lintas ( $DT_I$ ) terjadi akibat adanya interaksi lalu lintas dengan gerakan lain pada simpang.  $DT_I$  terbagi dalam Tundaan Lalu Lintas Jalan Mayor ( $DT_{MA}$ ) dan Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor ( $DT_{MI}$ ). Berikut adalah cara menentukan tundaan lalu lintas pada simpang tak bersinyal.

1. Tundaan Lalu Lintas Simpang ( $DT_I$ )

Berdasarkan perhitungan analisis yang terdapat pada MKJI 1997, untuk perhitungan  $DT_I$  adalah sebagai berikut.

Untuk  $DS \leq 0,6$ :

$$DT_I = 2 + 8,2078 \times DS - (1 - DS) \times 2$$

.....**Rumus III.8**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 8**  $DT_I$  untuk  $DS \leq 0,6$

Untuk  $DS > 0,6$ :

$$DT_I = \frac{1,0504}{(0,2742 - 0,2042 \times DS) - (1 - DS) \times 2}$$

.....**Rumus III.9**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 9**  $DT_I$  untuk  $DS > 0,6$

2. Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama ( $DT_{MA}$ )

Berdasarkan perhitungan analisis yang terdapat pada MKJI 1997, untuk perhitungan  $DT_{MA}$  adalah sebagai berikut.

Untuk  $DS \leq 0,6$ :

$$DT_I = 1,8 + 5,8234 \times DS$$

.....**Rumus III.10**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 10**  $DT_{MA}$  untuk  $DS \leq 0,6$

Untuk  $DS > 0,6$ :

$$DT_I = \frac{1,0504}{(0,346 - 0,246 \times DS) - (1 - DS) \times 1,8}$$

.....**Rumus III.11**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 11**  $DT_{MA}$  untuk  $DS > 0,6$

### 3. Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor ( $DT_{MI}$ )

Berdasarkan perhitungan analisis yang terdapat pada MKJI 1997, untuk perhitungan  $DT_{MI}$  adalah sebagai berikut.

$$DT_{MI} = (Q_{TOT} \times DT_I - Q_{MA} \times Q_{MA}) / Q_{MI}$$

.....**Rumus III.12**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 12**  $DT_{MA}$  untuk  $DS \leq 0,6$

### 4. Tundaan Geometrik Simpang (DG)

Tundaan geometrik simpang dihitung dengan rumus sebagai berikut.

Untuk  $DS < 1,0$ :

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

.....**Rumus III.13**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 13** DG untuk  $DS < 1,0$

Untuk  $DS > 1,0$ :

Untuk derajat kejenuhan simpang melebihi 1,0 maka nilai DG adalah 1.

### 5. Tundaan Simpang (D)

Tundaan simpang dihitung dengan rumus sebagai berikut.

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

.....**Rumus III.14**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 14** Tundaan Simpang Tak Bersinyal

Selain berdasarkan rumus di atas, tundaan simpang juga bisa didapat dengan melakukan survei MCO (*Moving Car Observer*) di ruas jalan di setiap kaki simpang. Pada saat pelaksanaan survei MCO akan didapat berapa lama hambatan/tundaan dalam ruas jalan menuju simpang bersangkutan.

#### 3.3.4 Peluang Antrian

Peluang antrian merupakan kemungkinan terjadinya antrian pada suatu simpang. Untuk peluang antrian pada simpang tak bersinyal dapat diukur dengan rumus sebagai berikut.

Batas nilai bawah:

$$QP\% = 9,02 \times DS + 20,66 \times DS^2 + 10,49 \times DS^3$$

.....**Rumus III.15**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 15** Peluang Antrian Batas Bawah

Batas nilai atas:

$$QP\% = 47,71 \times DS - 24,68 \times DS^2 + 56,47 \times DS^3$$

.....**Rumus III.16**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 16** Peluang Antrian Batas Atas

Untuk antrian secara langsung di lapangan dapat melakukan survei tundaan. Untuk simpang tak bersinyal dapat dilakukan survei tundaan ketika terjadi kemacetan pada simpang tersebut. Sehingga diketahui panjang antrian pada simpang bersangkutan.

### **3.4 Analisis Perencanaan Simpang Bersinyal Berdasarkan MKJI 1997**

#### **3.4.1 Penentuan Fase Simpang**

Menurut Ritongan (2021), fase adalah suatu rangkaian dari kondisi yang diberlakukan untuk suatu arus atau beberapa arus, yang mendapatkan identifikasi lampu lalu lintas yang sama. Jumlah fase yang baik adalah fase yang menghasilkan kapasitas besar dan rata-rata tundaan rendah. Pengaturan dua fase dapat dipertimbangkan pada awal analisis karena memberikan kapasitas terbesar dengan tundaan yang terendah dibandingkan dengan pengaturan fase lainnya. Jika pengaturan dua fase ini belum memadai, maka perlu dievaluasi arus belok kanan, apakah memungkinkan bila dipisahkan dari arus lurus dan apakah tersedia lajur untuk memisahkannya.

Penentuan fase pada perencanaan simpang bersinyal juga berdasarkan tipe pendekatan yang ingin di buat pada simpang. Untuk tipe pendekatan pada simpang terdapat tipe pendekatan terlindung (P) yang berarti bahwa arus lalu lintas berangkat tanpa adanya konflik dari arah yang berlawanan. Pada fase terlindung akan menyebabkan kendaraan pada kaki simpang akan terhindar dari konflik dari berlawanan arah terutama konflik menyilang atau *crossing*.

Contohnya dapat ditemukan pada jalan dua arah dengan gerakan belok kanan terbatas serta jalan dua arah dengan fase terpisah untuk masing-masing arah.

Sedangkan tipe pendekat terlawan (O) adalah kebalikan dari tipe pendekat terlindung (P) yang artinya terjadinya konflik arus lalu lintas yang berangkat dengan arus lalu lintas dari berlawanan arah. Contohnya pada Jalan dua arah, arus berangkat dari arah-arah berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak terbatas. Untuk lebih lanjut akan dijelaskan tipe penentuan tipe pendekat simpang.

**Tabel III. 6** Penentuan Tipe Pendekat

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		
Terlawan O	Arus berangkat dengan konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan dua arah, arus berangkat dari arah-arah berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak terbatas.		

Sumber: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

### 3.4.2 Waktu Antar Hijau

Untuk penentuan waktu antar hijau adalah waktu kuning dan waktu merah semua (*all red*). Waktu antar hijau dapat dihitung dengan menggunakan tabel yang terdapat pada MKJI 1997 yang dianggap sebagai nilai normal. Nama lain waktu antar hijau ini adalah

LTI (*Lost Time Injury*). Penentuan berdasarkan pada lebar jalan rata-rata pada simpang. Berikut adalah tabel berikut.

**Tabel III. 7** Penentuan Waktu Antar Hijau

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

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

### 3.4.3 Lebar Pendekat Masuk ( $W_e$ )

Lebar pendekat masuk ditentukan berdasarkan hasil survei inventarisasi pada simpang. Untuk lebar pendekat efektif yang digunakan adalah lebar pendekat masuk pada simpang bersangkutan.

### 3.4.4 Arus Jenuh Dasar

Menurut Cholis (2020), besar nilai arus jenuh dasar ( $S_o$ ) pada suatu simpang memiliki sifat berbanding lurus terhadap lebar pendekat efektifnya. Jadi semakin lebar ukuran pendekat suatu simpang, maka dapat menyebabkan nilai arus jenuh dasar yang terjadi pada simpang tersebut juga akan semakin besar, begitu pula sebaliknya. Arus jenuh dasar ( $S_o$ ) dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$S_o = 600 \times W_e \quad \text{.....Rumus III.17}$$

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 17** Arus Jenuh Dasar Berdasarkan MKJI 1997

Menurut Munawar dalam Purnama (2022) menyatakan bahwa nilai arus jenuh yang ada di lapangan ternyata lebih besar sekitar 1,3 kali dari hasil MKJI 1997. Hal ini juga dikemukakan oleh Rsidianto (2014) yang menyarankan penyesuaian perhitungan arus jenuh menjadi  $S_o = 780 \times W_e$  yang berarti bahwa makin besar arus jenuh  $S_o$ , maka makin banyak kendaraan yang bisa dilepaskan dari kaki

simpang sehingga tundaannya akan turun (tundaan lebih kecil dari tundaan hitungan MKJI 1997).

$$S_o = 780 \times W_e$$

.....**Rumus III.18**

*Sumber: Risdiyanto (2014)*

Namun untuk arus jenuh dengan menggunakan nilai 780 ini tidak seutuhnya tepat diterapkan di seluruh simpang di Indonesia. Sehingga untuk di Simpang Pengosekan arus jenuh dihitung dengan rumus yang berdasarkan MKJI 1997.

**Rumus III. 18** Arus Jenuh Dasar Disesuaikan Dengan Kondisi Lingkungan

#### 3.4.5 Arus Jenuh (smp/jam)

Adapun faktor-faktor penyesuaian yang menjadi indikator dalam perhitungan perencanaan simpang bersinyal adalah sebagai berikut.

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

.....**Rumus III.19**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 19** Arus Jenuh (smp/jam)

Berikut adalah penjelasan lebih rinci mengenai indikator atau faktor – faktor penyesuaian untuk perhitungan arus jenuh simpang tak bersinyal.

##### 1. Arus Jenuh Dasar ( $S_o$ )

Arus jenuh dasar sebelumnya sudah dijelaskan lebih rinci dalam sub bab 3.4.4 terkait dengan arus jenuh dasar.

##### 2. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota ( $F_{CS}$ )

Faktor penyesuaian ukuran kota ditentukan berdasarkan nilai tabel yang ada di MKJI 1997. Yang mengacu pada jumlah penduduk pada wilayah kabupaten atau kota lokasi simpang yang di kaji. Menurut Panatau (2023) data dari jumlah penduduk akan digunakan untuk menentukan faktor penyesuaian untuk ukuran kota, data penduduk ini akan mempengaruhi nilai dari kapasitas jalan yang dimasukan sesuai dengan rumus yang ada di MKJI 1997. Berikut adalah tabel faktor penyesuaian ukuran kota.

**Tabel III. 8** Faktor Penyesuaian Ukuran Kota ( $F_{CS}$ )

Penduduk Kota (Juta Jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota ( $F_{CS}$ )
> 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: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

### 3. Faktor Penyesuaian Hambatan Samping ( $F_{SF}$ )

Menurut Panatau (2023), untuk data hambatan samping didapat dari perhitungan interaksi pada tepi jalan yang berdampak pada arus lalu lintas di lokasi penelitian. Data ini dihitung bersamaan dengan survei lalu lintas, untuk hambatan samping itu berupa pejalan kaki, kendaraan parkir, kendaraan keluar masuk, serta kendaraan yang bergerak lambat seperti sepeda, gerobak, dsb. Perhitungan hambatan samping diperlukan sebagai salah satu faktor yang menentukan nilai arus jenuh pada simpang.

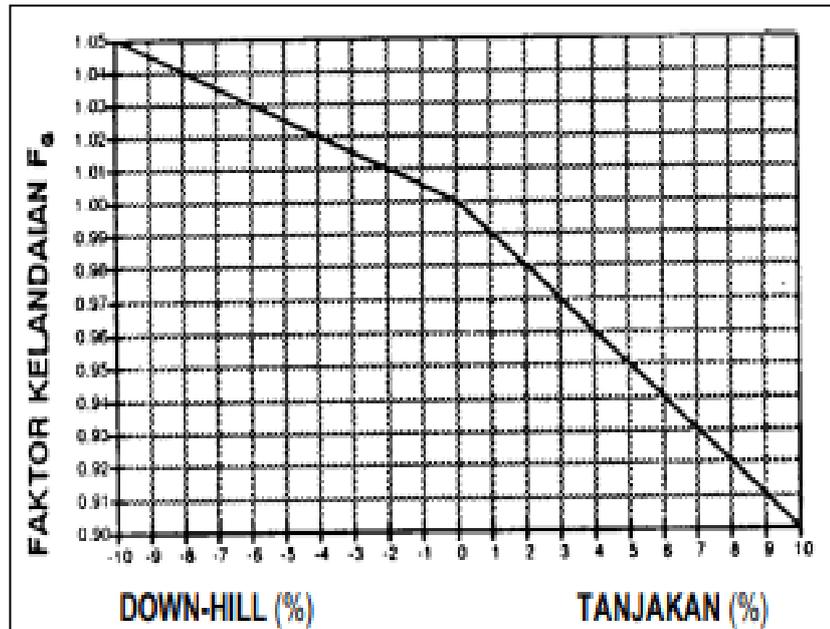
**Tabel III. 9** Faktor Penyesuaian Hambatan Samping ( $F_{SF}$ )

TIPE LINGKUNGAN	HAMBATAN SAMPING	TIPE FASE	RATIO KENDARAAN TAK BERMOTOR					
			0,00	0,05	0,1	0,15	0,2	$\geq 0,25$
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	0,99	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	0,9	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	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: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

#### 4. Faktor Penyesuaian Kelandaian ( $F_G$ )

Faktor kelandaian jalur pendekat ( $F_G$ ) dilihat pada geometrik jalan pada kaki simpang. Kelandaian ini berupa tanjakan dan turunan. Untuk penentuan nilai kelandaian dilihat pada grafik berikut.

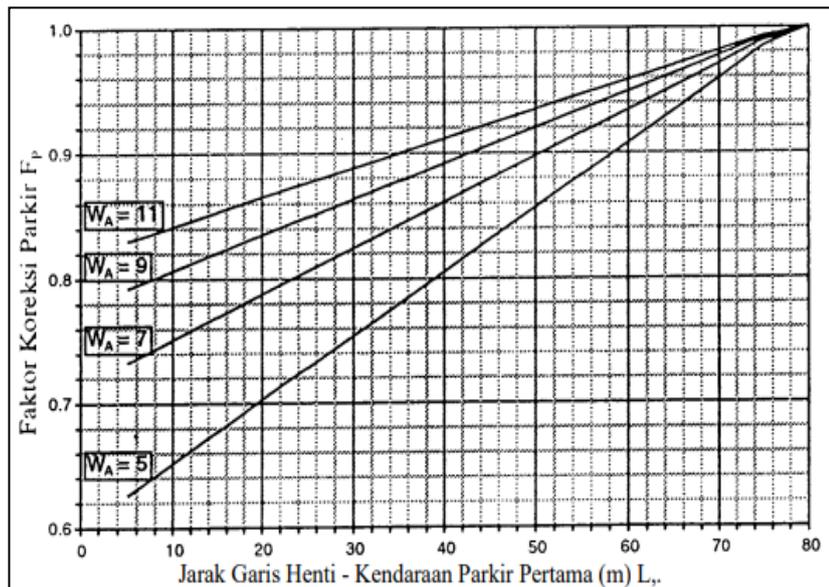


Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

**Gambar III. 11** Grafik Faktor Kelandaian Jalur Pendekat ( $F_G$ )

#### 5. Faktor Penyesuaian Parkir ( $F_P$ )

Menurut Muttaqin (2022), faktor penyesuaian parkir ( $F_P$ ) diperoleh dari grafik yang dilihat dari fungsi jarak antara garis henti dengan kendaraan yang parkir pertama dan lebar pendekat. Hal ini akan mempengaruhi kinerja simpang akibat adanya parkir pada kaki simpang. faktor penyesuaian parkir ( $F_P$ ) dapat dilihat pada grafik berikut.



Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

**Gambar III. 12** Grafik Faktor Kelandaian Jalur Pendekat ( $F_p$ )

6. Faktor Penyesuaian Belok Kanan ( $F_{RT}$ )

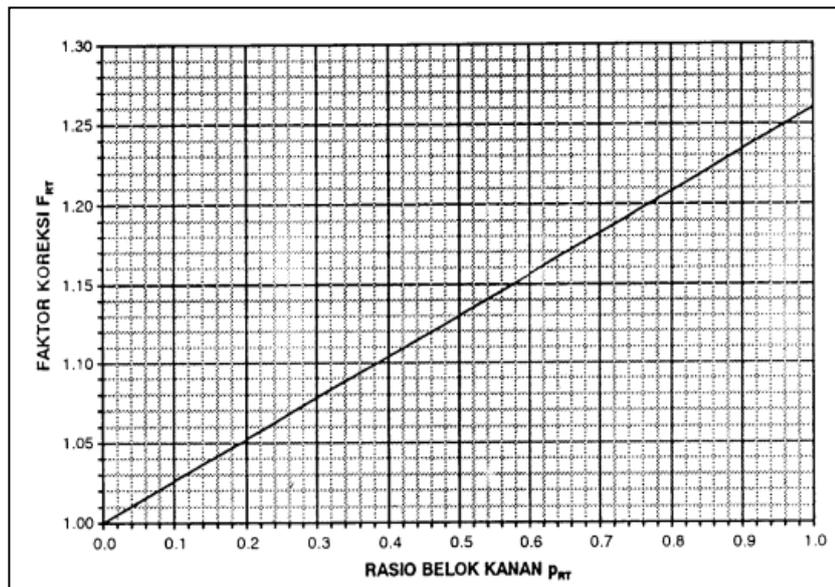
Faktor penyesuaian belok kanan dihitung dengan rumus yang ada di MKJI 1997 dengan indikator rasio belok kanan (Volume kendaraan belok kanan/volume total pada simpang). Perhitungan Menurut Saba (2022), volume kendaraan belok kanan tinggi dapat mempengaruhi nilai  $F_{RT}$  sebagai variabel masukan perhitungan kapasitas (C).  $F_{RT}$  hanya dihitung untuk kaki simpang dengan tipe pendekat terlindung (P) (hanya berlaku untuk pendekat tipe P, jalan dua arah, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk).

$$F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \times 0,26 \quad \text{.....Rumus III.20}$$

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

**Rumus III. 20** Faktor Penyesuaian Belok Kanan Simpang Bersinyal

Faktor penyesuaian belok kanan juga dapat dihitung melalui grafik berikut.



Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

**Gambar III. 13** Grafik Faktor Penyesuaian Belok Kanan ( $F_{RT}$ )

#### 7. Faktor Penyesuaian Belok Kiri ( $F_{LT}$ )

Faktor penyesuaian belok kiri dihitung dengan indikator rasio belok kiri (Volume kendaraan belok kiri/volume total pada simpang). Sama halnya dengan faktor penyesuaian belok kanan,  $F_{LT}$  dihitung hanya untuk tipe pendekat terlindung (P) dan jalan dua arah. Hal ini karena pada jalan dengan arus dua arah tanpa median, kendaraan yang melakukan belok kanan dari arus berangkat terlindung (tipe pendekat P) mempunyai kecenderungan untuk memotong garis tengah sebelum melewati garis henti ketika melewati belokan. Hal ini menyebabkan peningkatan rasio belok kanan yang tinggi pada arus jenuh. Berikut adalah rumus faktor penyesuaian belok kiri.

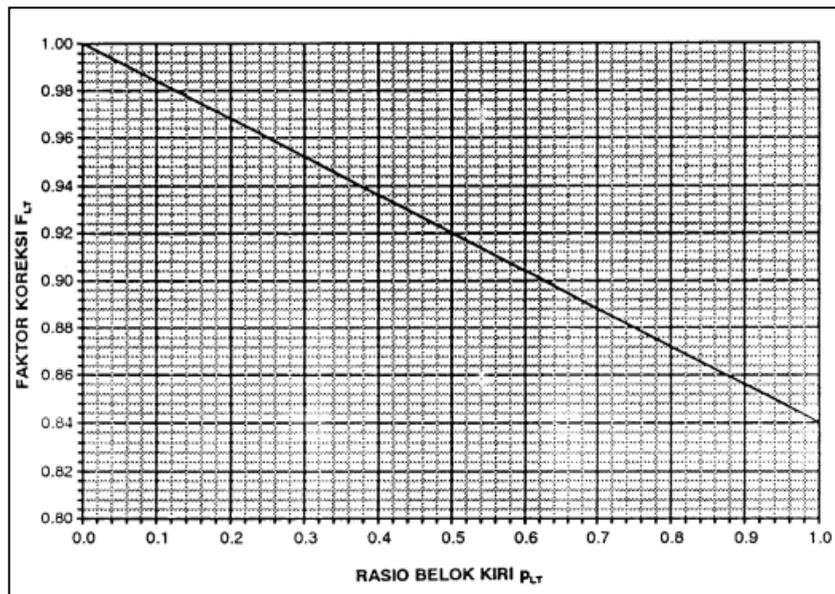
$$F_{LT} = 1,0 - P_{LT} \times 0,16$$

**Rumus III.21**

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

**Rumus III. 21** Faktor Penyesuaian Belok Kiri Simpang Bersinyal

Faktor penyesuaian belok kiri juga dapat dihitung melalui grafik berikut.



Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

**Gambar III. 14** Grafik Faktor Penyesuaian Belok Kiri ( $F_{LT}$ )

### 3.4.6 Rasio Arus (FR)

Menurut Syammaun (2022), rasio arus lalu lintas atau FR merupakan arus lalu lintas terhadap arus jenuh pada suatu pendekat atau kaki simpang. FR dihitung dengan membagi volume lalu lintas ( $Q$ ) dengan Arus Jenuh ( $S$ ). Rasio arus dihitung per pendekat simpang. Berikut adalah rumus FR.

$$FR = Q / S$$

**Rumus III.22**

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

**Rumus III. 22** Rasi Arus (FR)

### 3.4.7 Rasio Arus Simpang (IFR)

Rasio arus simpang merupakan penjumlahan dari nilai FR yang telah dihitung sebelumnya. Nilai IFR akan menentukan untuk waktu hijau pada setiap pendekat simpang. Adapun rumus IFR adalah sebagai berikut.

$$IFR = \sum FR$$

**Rumus III.23**

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

**Rumus III. 23** Rasio Arus Simpang (IFR)

### 3.4.8 Rasio Fase (PR)

Rasio fase (PR) merupakan hasil dari pembagian rasio arus (FR) dengan rasio arus simpang (IFR). Rasio fase (PR) dihitung per pendekat simpang. Berikut adalah rumus dari PR.

$$PR = FR/IFR$$

.....**Rumus III.24**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 24** Rasio Arus Simpang (IFR)

### 3.4.9 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

#### 1. Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian ( $C_{ua}$ )

Menurut Akmal (2019), waktu siklus sangat dipengaruhi oleh geometrik simpang. Karena geometrik simpang akan menentukan banyaknya kendaraan sehingga pengaturan waktu siklus harus memperhatikan hal tersebut. Pada MKJI 1997, terdapat waktu siklus sebelum penyesuaian ( $C_{ua}$ ). Untuk perhitungan  $C_{ua}$  dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

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

.....**Rumus III.25**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 25** Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian ( $C_{ua}$ )

Pada MKJI 1997 juga dijelaskan mengenai waktu siklus yang layak untuk tipe pengaturan fase.

**Tabel III. 10** Waktu Siklus Yang Layak (det)

Tipe Pengaturan	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)*

#### 2. Waktu Hijau ( $g_i$ )

Menurut Primasari (2021), waktu hijau adalah lama waktu atau durasi yang diperuntukkan untuk nyala lampu hijau pada suatu pendekat atau kaki simpang bersinyal. Waktu hijau dihitung dengan rumus sebagai berikut.

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

.....**Rumus III.26**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 26** Waktu Hijau ( $g_i$ )

$PR_i$  yang dimaksudkan adalah rasio fase per lebar pendekat simpang.

### 3. Waktu Siklus Yang Disesuaikan ( $c$ )

Waktu siklus yang disesuaikan diperoleh berdasarkan penjumlahan waktu hijau yang dibulatkan dengan waktu hilang atau LTI (*Lost Time Injury*). Berikut adalah rumus waktu siklus yang disesuaikan.

$$C = \sum g_i + LTI$$

.....**Rumus III.27**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 27** Waktu Hijau ( $g_i$ )

#### 3.4.10 Kapasitas ( $C$ )

Menurut Prasetyo (2022), kapasitas simpang adalah kemampuan suatu simpang untuk menampung arus lalu lintas maksimum persatuan waktu yang dinyatakan dalam smp/jam. Kapasitas simpang bersinyal dihitung per kaki simpang berdasarkan indikator seperti arus jenuh ( $S$ ), waktu hijau ( $g_i$ ), dan waktu siklus ( $c$ ) pada simpang bersangkutan. Berikut adalah rumus dari kapasitas simpang.

$$C = S \times g_i/c$$

.....**Rumus III.28**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 28** Kapasitas Simpang Bersinyal ( $C$ )

#### 3.4.11 Derajat Kejenuhan Simpang ( $DS$ )

Menurut Prasetyo (2022), derajat kejenuhan merupakan ciri utama dari tingginya volume lalu lintas pada suatu simpang bersangkutan dan menentukan dalam upaya penanganan simpang. Rumus derajat kejenuhan simpang adalah dengan membagi volume lalu lintas simpang ( $Q$ ) dengan kapasitas simpang bersangkutan ( $C$ ).

$$DS = Q/C$$

**Rumus III.29**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 29** Derajat Kejenuhan Simpang Bersinyal (DS)

### 3.4.12 Panjang Antrian (NQ)

Panjang antrian pada simpang bersinyal dihitung dengan menjumlahkan  $NQ_1$  dan  $NQ_2$ .  $NQ_1$  adalah antrian smp yang tersisa pada saat fase hijau sebelumnya. Sedangkan untuk  $NQ_2$  adalah jumlah antrian smp yang datang selama fase merah.

#### 1. $NQ_1$

$NQ_1$  dihitung dengan rumus berdasarkan indikator DS pada simpang tersebut.

$$DS > 0,5$$

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

**Rumus III.30**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 30** Derajat Kejenuhan Simpang Bersinyal (DS)

Sedangkan untuk  $DS < 0,5$ ;  $NQ_1 = 0$

#### 2. $NQ_2$

$NQ_2$  dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$NQ_2 = C \times \frac{(1-GR)}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3.600}$$

**Rumus III.31**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 31** Derajat Kejenuhan Simpang Bersinyal (DS)

$NQ_1$  : jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya.

$NQ_2$  : jumlah smp yang datang selama fase merah.

DS : derajat kejenuhan.

GR : rasio hijau.

c : waktu siklus (det).

C : kapasitas (smp/jam) = arus jenuh kali rasio hijau ( $S \times GR$ ).

Q : arus lalu-lintas pada pendekat tersebut (smp/det).

Ketika sudah mendapatkan nilai  $NQ_1$  dan  $NQ_2$  maka selanjutnya dijumlahkan untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang antri pada simpang tersebut.

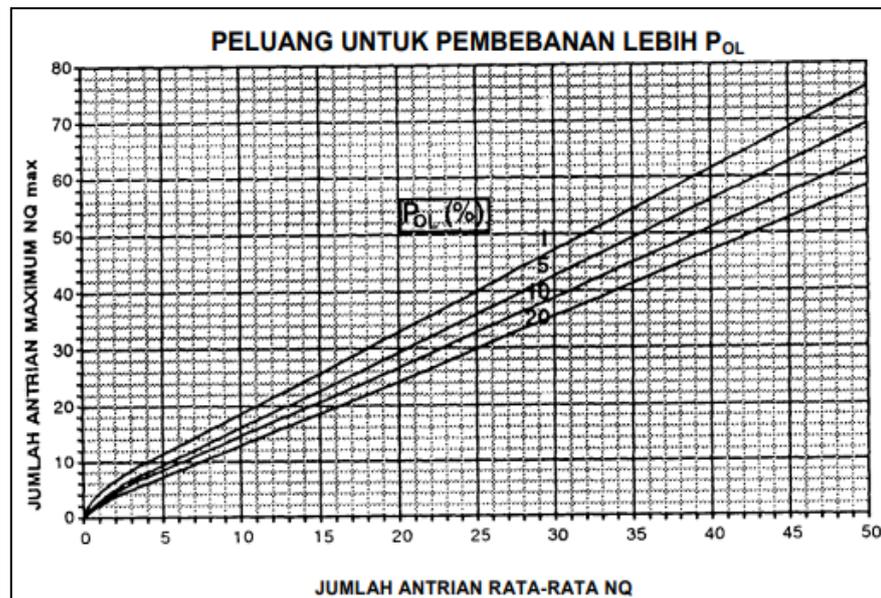
$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

**Rumus III.32**

Sumber: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 32** Derajat Kejenuhan Simpang Bersinyal (DS)

Berdasarkan MKJI 1997, untuk menyesuaikan  $NQ$  dalam hal peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih  $P_{OL}$  (%), dan masukkan hasil nilai  $NQ_{MAX}$  pada Kolom 9. Untuk perancangan dan perencanaan disarankan  $P_{OL} \leq 5\%$ , untuk operasi suatu nilai  $P_{OL} = 5 - 10\%$  mungkin dapat diterima.  $NQ_{MAX}$  adalah jumlah antrian maksimal yang ditentukan berdasarkan grafik  $NQ_{MAX}$  dengan menggunakan peluang pembebanan  $P_{OL}$  (%). Untuk perhitungan  $NQ_{MAX}$  menggunakan grafik sebagai berikut.



Sumber: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Gambar III. 15** Perhitungan Jumlah Antrian ( $NQ_{MAX}$ )

Setelah didapat nilai dari  $NQ_{MAX}$  maka dilakukan perhitungan panjang antrian ( $QL$ ) dengan mengalikan  $NQ_{MAX}$  dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp ( $20 \text{ m}^2$ ) kemudian dibagi dengan lebar

pendekat masuk atau  $W_{MASUK}$ . Berikut adalah rumus untuk panjang antrian (QL).

$$QL = (NQ_{MAX} \times 20) / W_{MASUK}$$

**Rumus III.33**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 33** Panjang Antrian (QL)

#### 3.4.13 Kendaraan Terhenti ( $N_{SV}$ )

Menurut Prastio (2022), jumlah kendaraan terhenti (NS) merupakan banyaknya jumlah kendaraan pada arus lalu lintas yang harus berhenti atau tidak melewati garis henti lengan simpang akibat adanya pengendalian isinya. Jumlah kendaraan terhenti ( $N_{SV}$ ) dihitung dengan membagi volume simpang (Q) dengan angka henti kendaraan (NS). Rumus  $N_{SV}$  adalah sebagai berikut.

$$N_{SV} = Q \times NS \text{ (smp/jam)}$$

**Rumus III.34**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 34** Panjang Antrian (QL)

Laju Henti (NS) dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c}$$

**Rumus III.35**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 35** Panjang Antrian (QL)

NQ : panjang antrian

c : waktu siklus (det)

Q : arus lalu-lintas pada pendekat tersebut (smp/det)

#### 3.4.14 Tundaan (D)

Menurut Basri (2021), tundaan adalah waktu tunggu yang diperlukan untuk melewati suatu simpang. Salah satu akibat dari tundaan yang lama pada simpang adalah pemborosan bahan bakar. Semakin lama mesin kendaraan bekerja, semakin banyak bahan bakar yang dikonsumsi, karena hal ini diperlukan untuk menghasilkan listrik pada mesin kendaraan. Tundaan merupakan penjumlahan dari tundaan lalin (DT) dan tundaan geometrik (DG). DT merupakan

tundaan lalu-lintas rata-rata setiap pendekat akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan lainnya pada simpang, dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C}$$

.....**Rumus III.36**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 36** Tundaan Lalu Lintas Rata-Rata (DT)

DT = tundaan lalu lintas rata-rata (det/smp).

c = waktu siklus yang disesuaikan (det).

A =  $(0,5 \times (1-GR)^2) / (1-GR) \times DS$ .

GR = rasio hijau (g/c).

DS = derajat kejenuhan.

NQ<sub>1</sub> = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya.

C = kapasitas (smp/jam).

Sedangkan tundaan geometrik rata-rata masing-masing pendekat (DG) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan/atau ketika dihentikan oleh lampu merah. Tundaan geometrik pada masing-masing kaki simpang dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

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

.....**Rumus III.37**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 37** Tundaan Geometrik Rata-Rata (DG)

DG = tundaan geometri rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

P<sub>SV</sub> = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat (N<sub>SV</sub> / Q<sub>TOT</sub>)

P<sub>T</sub> = rasio kendaraan berbelok pada pendekat

Untuk tundaan sendiri adalah penjumlahan dari DT dan DG sebagai berikut.

$$D = DT + DG$$

.....**Rumus III.38**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 38** Tundaan (D)

Untuk menghitung tundaan rata-rata untuk seluruh kaki simpang simpang ( $D_i$ ) dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$D_i = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{\text{tot}}}$$

.....**Rumus III.39**

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*

**Rumus III. 39** Tundaan Total (D)

### 3.5 Tingkat Pelayanan Simping

Tingkat pelayanan simpang ditentukan oleh derajat kejenuhan simpang, panjang antrian, serta tundaan pada simpang. Semakin tinggi derajat kejenuhan simpang berarti semakin buruk pelayanan pada simpang tersebut. Derajat kejenuhan menandakan apakah volume lalu lintas pada suatu simpang dapat terlayani dengan maksimal atau tidak berdasarkan kapasitas simpang tersebut. Menurut Negara (2023), derajat kejenuhan merupakan rasio arus pada simpang terhadap kapasitas simpang sebagai salah satu faktor penentuan tingkat kinerja simpang. Derajat kejenuhan menunjukkan rasio arus lalu lintas pada pendekat tersebut terhadap kapasitas. Pada nilai tertentu, derajat kejenuhan dapat menyebabkan antrian yang panjang pada kondisi lalu lintas puncak.

Sedangkan untuk antrian juga mempengaruhi kinerja simpang. Antrian simpang dapat diukur melalui survei antrian pada persimpangan. Semakin panjang antrian pada suatu simpang menandakan simpang tersebut memiliki kinerja yang buruk. Semakin lama antrian dan tundaan pada simpang akan menyebabkan pemborosan pada kendaraan. Menurut Basri (2021), tundaan adalah waktu tunggu yang diperlukan untuk melewati suatu simpang. Salah satu akibat dari tundaan yang lama dan antrian panjang pada simpang adalah pemborosan bahan bakar.

Berdasarkan PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas, tingkat pelayanan pada persimpangan diklasifikasikan berdasarkan tabel berikut.

**Tabel III. 11** Tingkat Pelayanan Simpang

TINGKAT PELAYANAN	TUNDAAN (detik)
A	< 5,0
B	5 – 15
C	15 -25
D	25 – 40
E	40 – 60
F	>60

*Sumber: PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*

Berdasarkan PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas, tingkat pelayanan pada persimpangan ditentukan oleh tundaan pada simpang tersebut. Semakin lama tundaan pada simpang, maka tingkat pelayanan pada simpang semakin buruk. Begitu juga sebaliknya, semakin cepat tundaan pada simpang maka tingkat pelayanan pada simpang semakin baik.