

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Teori Umum

##### 2.1.1 Transportasi

Menurut (Fatimah, 2019) transportasi penting dalam kehidupan manusia sebagai sarana untuk memindahkan sesuatu, baik itu barang atau manusia dari satu lokasi ke lokasi yang lain, serta memfasilitasi hubungan antarindividu. Kehidupan sosial manusia ditandai oleh adanya interaksi dalam masyarakat yang berkelompok, di mana kegiatan ini memerlukan dukungan dari berbagai fasilitas, termasuk layanan transportasi atau sistem transportasi. Secara umum, terdapat 3 (tiga) jenis transportasi yang digunakan oleh manusia. Berikut adalah jenis serta contoh alat transportasi yang termasuk didalamnya:

1. Transportasi Darat

Transportasi dengan jenis ini adalah proses perpindahan barang atau manusia dilakukan melalui jalur darat. Terdapat 2 (dua) macam dari transportasi darat, yaitu transportasi melalui jalan raya dan transportasi melalui jalan rel. Beberapa contoh kendaraan yang termasuk dalam jenis transportasi jalan raya, yaitu motor, bus, truk, mobil, sepeda, dan lain-lain. Sedangkan, kendaraan yang termasuk dalam jenis transportasi jalan rel, yaitu kereta api.

2. Transportasi Laut

Transportasi dengan jenis ini adalah proses perpindahan barang atau manusia yang dilakukan melalui jalur perairan. Beberapa contoh transportasi yang termasuk dalam jenis ini dan digunakan oleh manusia, yaitu kapal laut, kapal selam, perahu dan lainnya.

3. Transportasi Udara

Transportasi dengan jenis ini adalah proses perpindahan barang atau manusia dilakukan melalui jalur udara. Beberapa contoh kendaraan yang termasuk dalam jenis transportasi ini adalah pesawat terbang, helikopter, dan pesawat ruang angkasa.

## 2.1.2 Simpang

Menurut (Khisty & Lall, 2005), simpang adalah tempat dimana dua atau lebih jalur akan bertemu atau bersimpangan sehingga berpotensi untuk terjadinya konflik arus lalu lintas dari berbagai arah.

### 2.1.2.1 Macam-macam Simpang

#### a. Berdasarkan Cara Pengaturan

Berikut adalah macam-macam simpang menurut (Morlok, 1985):

##### 1. Simpang bersinyal (*signalized intersection*)

Simpang dengan jenis ini adalah simpang yang diatur menggunakan sinyal APILL. Untuk simpang dengan jenis ini, pengguna jalan dapat bergerak atau melewati simpang ketika sinyal APILL menunjukkan warna hijau. Jika sinyal APILL menunjukkan warna merah, maka pengguna jalan tidak bisa bergerak melewati simpang.

##### 2. Simpang tak bersinyal (*unsignalized intersection*)

Simpang ini merupakan simpang yang tidak diatur oleh sinyal APILL. Untuk simpang dengan jenis ini, pengguna jalan diharuskan membuat keputusan sendiri jika ingin melewati simpang dengan aman atau perlu menghentikan kendaraan sebelum melewati simpang tersebut. Hal ini dikarenakan tidak ada yang mengatur pergerakan arus lalu lintas tersebut, sehingga sering terjadinya konflik antar kendaraan yang melewati simpang.

## **b. Berdasarkan Perencanaan**

Menurut (Hariyanto, 2004), terdapat 2 (dua) macam persimpangan jalan berdasarkan perencanaannya, yaitu sebagai berikut:

### **1. Persimpangan Jalan Sebidang**

Pertemuan dua atau lebih ruas jalan secara luas yang tidak saling bersusun atau tidak terdapat ketinggian, yang dirancang untuk memfasilitasi lalu lintas dan mengurangi risiko kecelakaan atau pelanggaran yang disebabkan oleh pergerakan kendaraan bermotor, pejalan kaki, dan fasilitas lainnya. Dengan kata lain, perencanaan persimpangan ini dirancang untuk memberi pengguna jalan kemudahan, kenyamanan, dan ketenangan saat melintasi persimpangan tersebut.

### **2. Persimpangan Jalan Tidak Sebidang**

Persimpangan ini terjadi ketika satu jalannya berada di atas atau di bawah ruas jalan lainnya (terdapat perbedaan ketinggian).

## **2.1.3 Klasifikasi Kendaraan**

Dalam Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023), kendaraan pada arus lalu lintas diklasifikasikan menjadi 5 (lima) jenis kendaraan, yaitu Mobil Penumpang (MP), Kendaraan Sedang (KS), Sepeda Motor (SM), Bus Besar (BB), dan Truk Berat (TB). Menurut (PKJI, 2023) pada jaringan jalan perkotaan, Bus Besar (BB) dan Truk Berat (TB) sangat sedikit dan umumnya beroperasi pada jam-jam Ketika lalu lintas sedang lengang, terutama pada saat tengah malam. Sehingga dalam perhitungan kapasitas Bus Besar (BB) dan Truk Berat (TB) dianggap tidak ada, jika memang ada maka dalam perhitungan dikategorikan sebagai Kendaraan Sedang (KS). Oleh karena itu, kendaraan-kendaraan di perkotaan diklasifikasikan menjadi 3 (tiga)

jenis saja, yaitu Mobil Penumpang (MP), Kendaraan Sedang (KS), dan Sepeda Motor (SP).

Pada perhitungan yang termasuk dalam jaringan jalan di perkotaan, yaitu Kapasitas Jalan Perkotaan, Kapasitas Simpang APILL, Kapasitas Simpang, dan Kapasitas Bagian Jalinan. Berikut adalah klasifikasi kendaraan dan tipikalnya menurut PKJI 2023:

**Tabel 2. 1 Klasifikasi Kendaraan PKJI dan Tipikalnya**

<b>Kode</b>	<b>Jenis Kendaraan</b>	<b>Tipikal Kendaraan</b>
SM	Kendaraan bermotor roda 2 (dua) dan 3 (tiga) dengan panjang < 2,5 m	Sepeda Motor, Kendaraan bermotor beroda 3 (tiga)
MP	Mobil penumpang 4 (empat) tempat duduk, mobil penumpang 7 (tujuh) tempat duduk, mobil angkutan barang kecil, mobil angkutan, barang sedang dengan panjang $\leq 5,5$ m	Sedan, Jeep, Minibus, Mikrobus, <i>Pickup</i> , Truk Kecil
KS	Bus sedang dan mobil angkutan barang 2 (dua) sumbu dengan panjang $\leq 9,0$ m	Bus tanggung, Bus Metromini, Truk Sedang
BB	Bus besar 2 (dua) dan 3 (tiga) gandar dengan panjang $\leq 12,0$ m	Bus Antar kota, Bus <i>Double Decker City Tour</i> .
TB	Mobil angkutan barang 3 (tiga) sumbu, truk gandeng, dan truk tempel (semitrailer) dengan panjang > 12,0 m	Truk Tronton, Truk <i>Semi Trailer</i> , Truk Gandeng.

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

#### 2.1.4 Arus Lalu Lintas dan EMP

Menurut (PKJI, 2023), arus lalu lintas ( $q$ ) dinyatakan dalam SMP/Jam. Nilai arus lalu lintas dalam satuan Kend/Jam dikonversikan

menjadi satuan SMP/Jam. Konversi ke satuan SMP/Jam dapat dilakukan dengan mengkalikan jumlah setiap jenis kendaraan dengan nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP). Nilai EMP untuk tiap jenis kendaraan berbeda nilainya untuk simpang bersinyal dan simpang tak bersinyal. Berikut adalah nilai EMP yang didapatkan melalui Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI, 2023):

**Tabel 2. 2 Ekuivalensi Mobil Penumpang Simpang APILL**

Jenis Kendaraan	Nilai EMP Untuk Tipe Pendekat	
	Terlindung	Terlawan
MP	1,00	1,00
KS	1,30	1,30
SM	0,15	0,40

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Tabel 2.2 merupakan tabel nilai EMP untuk simpang bersinyal. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa nilai EMP untuk tiap jenis kendaraan dibedakan sesuai dengan tipe pendekatnya, yaitu terlindung dan terlawan. Sedangkan untuk nilai EMP dari simpang tak bersinyal dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut.

**Tabel 2. 3 Nilai EMP untuk Simpang Tak Bersinyal**

Jenis Kendaraan	Nilai EMP	
	$q_{TOTAL} \geq 1000$ Kend/Jam	$q_{TOTAL} < 1000$ Kend/Jam
MP	1,00	1,00
KS	1,80	1,30
SM	0,2	0,5

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Dari Tabel 2.3 dapat diketahui bahwa nilai EMP dibedakan berdasarkan jumlah arus kendaraan yang melewati simpang. Arus kendaraan dengan total  $\geq 1000$  kend/jam nilai EMP nya, yaitu untuk jenis MP sebesar 1,00, jenis KS sebesar 1,80, dan jenis SM sebesar 0,2. Sedangkan untuk arus kendaraan dengan total  $< 1000$  kend/jam,

nilai EMP untuk jenis MP sebesar 1,00, jenis KS sebesar 1,30, dan jenis SM sebesar 0,5.

### **2.1.5 Tingkat Pelayanan**

Menurut (Prananda, 2023), yang dimaksud dengan tingkat pelayanan adalah parameter yang digunakan untuk melihat bagaimana kinerja suatu simpang dalam melayani atau mengendalikan arus lalu lintas yang terjadi. Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015, penentuan tingkat pelayanan pada persimpangan adalah sebagai berikut:

- 1) Tingkat pelayanan A, yaitu kondisi dengan tundaan kurang dari 5 detik.
- 2) Tingkat pelayanan B, yaitu kondisi dengan tundaan antara lebih dari 5 s/d 15 detik.
- 3) Tingkat pelayanan C, yaitu kondisi dengan tundaan antara lebih dari 15 s/d 25 detik.
- 4) Tingkat pelayanan D, yaitu kondisi dengan tundaan antara lebih dari 25 s/d 40 detik.
- 5) Tingkat pelayanan E, yaitu kondisi dengan tundaan antara lebih dari 40 s/d 60 detik.
- 6) Tingkat pelayanan F, yaitu kondisi dengan tundaan antara lebih dari 60 detik.

## **2.2 Simpang Tak bersinyal**

### **2.2.1 Kapasitas Simpang (C)**

Menurut PKJI 2023, kapasitas simpang dapat dihitung dengan mengalikan Kapasitas Dasar ( $C_0$ ) dengan beberapa faktor koreksi

yang memperhitungkan kondisi lingkungan dengan kondisi idealnya. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung kapasitas simpang tak bersinyal:

$$C = C_0 \times F_{LP} \times F_M \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_{BKl} \times F_{BKk} \times F_{mi} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan:

- C = Kapasitas simpang (SMP/Jam)
- C<sub>0</sub> = Kapasitas dasar simpang (SMP/Jam)
- F<sub>LP</sub> = Faktor koreksi lebar rata-rata pendekat
- F<sub>M</sub> = Faktor koreksi tipe median
- F<sub>UK</sub> = Faktor koreksi ukuran kota
- F<sub>HS</sub> = Faktor koreksi hambatan samping
- F<sub>BKl</sub> = Faktor koreksi rasio arus belok kiri
- F<sub>BKk</sub> = Faktor koreksi rasio arus belok kanan
- F<sub>mi</sub> = Faktor koreksi rasio arus jalan minor

### 2.2.1.1 Kapasitas Dasar (C<sub>0</sub>)

Kapasitas Dasar adalah kapasitas total simpang jalan pada kondisi tertentu (kondisi dasar). Nilai dari kapasitas dasar dapat ditentukan menurut tipe simpangnya. Berikut adalah nilai kapasitas dasar menurut PKJI 2023 berdasarkan tipe simpangnya:

**Tabel 2. 4 Kapasitas Dasar Berdasarkan Tipe Simpang**

<b>Tipe Simpang</b>	<b>C<sub>0</sub>, SMP/Jam</b>
322	2700
324	3200
344	3200
422	2900
424	3400

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Tipe Simpang dapat ditentukan berdasarkan jumlah lengan yang ada dan total lajur dari jalan minor dan mayornya. Untuk lebih detail dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut:

**Tabel 2. 5 Penentuan Tipe Simpang**

<b>Kode Tipe Simpang</b>	<b>Jumlah Lengan Simpang</b>	<b>Jumlah Lajur Jalan Minor</b>	<b>Jumlah Lajur Jalan Mayor</b>
322	3	2	2
324	3	2	4
422	4	2	2
424	4	2	4

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

### 2.2.1.2 Faktor Koreksi Lebar Pendekat Rata-rata ( $F_{LP}$ )

Faktor koreksi lebar pendekat rata-rata merupakan faktor koreksi untuk kapasitas dasar yang berhubungan dengan lebar simpang jalan. Dalam PKJI 2023, untuk mendapatkan nilai dari faktor koreksi ini, dapat diperoleh melalui grafik pada Gambar 2.1 atau dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.2 sampai Persamaan 2.5:

$$\text{Tipe Simpang 422} \quad F_{LP} = 0,70 + 0,0866 L_{RP} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\text{Tipe Simpang 424 atau 444} \quad F_{LP} = 0,61 + 0,0740 L_{RP} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\text{Tipe Simpang 322} \quad F_{LP} = 0,73 + 0,0760 L_{RP} \dots\dots\dots (2.4)$$

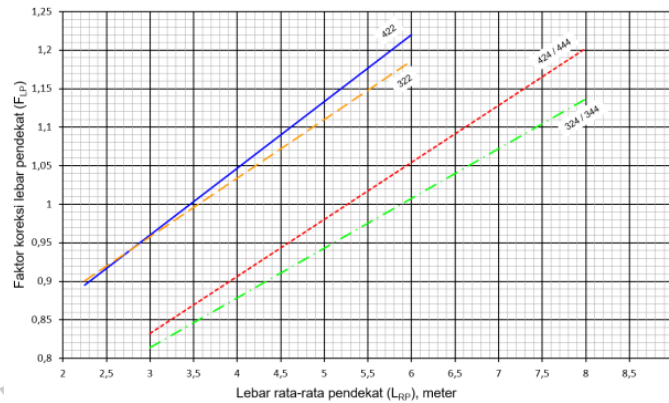
$$\text{Tipe Simpang 324 atau 344} \quad F_{LP} = 0,62 + 0,0646 L_{RP} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan:

$F_{LP}$  = Faktor koreksi lebar pendekat rata-rata

$L_{RP}$  = Lebar pendekat rata-rata

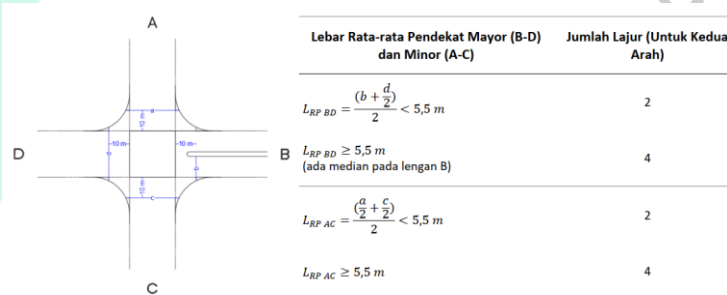




**Gambar 2. 1 Faktor Koreksi Lebar Pendekat ( $F_{LP}$ )**

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Penentuan untuk nilai  $L_{RP}$  yang digunakan, diuraikan pada Gambar 2.2 berikut:



**Gambar 2. 2 Penentuan Jumlah Lajur ( $L_{RP}$ )**

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Dari Gambar 2.2 dapat dijelaskan secara sederhana bahwa untuk lengan simpang yang memiliki dua arah arus lalu lintas, Nilai  $L_{RP}$  adalah lebar lengan simpang dibagi dua.

### 2.2.1.3 Faktor Koreksi Median Pada Jalan Mayor ( $F_M$ )

Faktor koreksi median pada jalan mayor merupakan faktor koreksi untuk kapasitas dasar yang berhubungan dengan median jalan utama yang ada. Besarnya nilai faktor koreksi median dapat dilihat pada Tabel 2.6.

**Tabel 2. 6 Faktor Koreksi Median pada Jalan Mayor ( $F_M$ )**

<b>Kondisi Simpang</b>	<b>Tipe Median</b>	<b>Faktor Koreksi, <math>F_M</math></b>
Tidak ada median di jalan mayor	Tidak ada	1,00
Ada median di jalan mayor dengan lebar <3 m	Median sempit	1,05
Ada median di jalan mayor dengan lebar $\geq 3$ m	Median lebar	1,20

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

#### 2.2.1.4 Faktor Koreksi Ukuran Kota ( $F_{UK}$ )

Faktor ini merupakan faktor yang dipengaruhi oleh variabel besar kecilnya jumlah penduduk. Semakin besar kotanya, maka pengemudi akan semakin agresif mengendarai kendaraannya sehingga dianggap menaikkan kapasitas (PKJI, 2023). Besarnya nilai  $F_{UK}$  dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Faktor Koreksi Ukuran Kota ( $F_{UK}$ )

<b>Ukuran Kota</b>	<b>Populasi Penduduk (Juta Jiwa)</b>	<b>Faktor Koreksi, <math>F_{UK}</math></b>
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: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

### 2.2.1.5 Faktor Koreksi Hambatan Samping ( $F_{HS}$ )

Menurut (Kurniawan & Surandono, 2019), hambatan samping adalah aktivitas samping jalan yang dapat menimbulkan pengaruh terhadap pergerakan arus lalu lintas serta dapat menurunkan fungsi kinerja jalan. Pengoreksian nilai hambatan samping ini berhubungan dengan beberapa faktor keadaan disekitar simpang. Faktor-faktor tersebut, yaitu tipe kondisi lingkungan jalan, hambatan samping disekitar simpang, dan besarnya arus kendaraan tak bermotor (KTB) (PKJI, 2023). Untuk menentukan tipe kondisi lingkungan jalannya dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2. 8 Tipe Lingkungan Jalan

Tipe Lingkungan Jalan	Kriteria
Komersial	Lahan yang digunakan untuk kepentingan komersial, misalnya pertokoan, rumah makan, perkantoran, dengan jalan masuk langsung baik bagi pejalan kaki maupun kendaraan.
Permukiman	Lahan digunakan untuk tempat tinggal dengan jalan masuk langsung baik bagi pejalan kaki maupun kendaraan.
Akses Terbatas	Lahan tanpa jalan masuk langsung atau sangat terbatas, misalnya karena adanya penghalang fisik; akses harus melalui jalan samping.

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Dari Tabel 2.8 diatas, dapat dijelaskan bahwa tipe lingkungan jalan dikategorikan menjadi 3 tipe, yaitu komersil, pemukiman, dan akses terbatas. Kategori tersebut

didasarkan pada fungsi tata guna lahan dan akses jalan dari kegiatan yang ada disekitar simpang.

Dalam menentukan hambatan sampung perlu dilihat aktivitas yang ada disekitar jalan. Pengkategorian kelas hambatan sampung dapat dilihat pada Tabel 2.9.

**Tabel 2. 9 Kriteria Kelas Hambatan Sampung**

<b>Kelas Hambatan Sampung</b>	<b>Kriteria</b>
Tinggi	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang terganggu dan berkurang akibat aktivitas sampung jalan di sepanjang pendekat. Contoh, adanya aktivitas angkutan umum seperti menaikturunkan penumpang, mengetem, pejalan kaki dan/atau pedagang kaki lima di sepanjang atau melintas pendekat, kendaraan keluar/masuk sampung pendekat.
Sedang	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang sedikit terganggu dan sedikit berkurang akibat aktivitas sampung jalan di sepanjang pendekat.
Rendah	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang tidak terganggu dan tidak berkurang oleh hambatan sampung.

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Dari Tabel 2.9, dapat dijelaskan bahwa pengkategorian hambatan sampung ditetapkan menjadi 3 (tiga), yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Dari ketiga ketegori tersebut menunjukkan pengaruh aktivitas sampung jalan terhadap arus lalu lintas, contohnya pejalan kaki berjalan, penyebrang

jalan, Pedagang Kaki Lima (PKL), kendaraan yang berhenti sembarangan (angkutan kota, bus dalam kota), parkir dibahu jalan (*on street parking*), kendaraan berjalan lambat (becak, sepeda, kereta kuda), dan keluar masuknya kendaraan dari samping jalan.

Untuk faktor Kendaraan Tak Bermotor (KTB), dapat ditentukan dengan melihat perbandingan antara jumlah kendaraan tak bermotor dengan arus kendaraan bermotor yang melewati simpang.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang dijelaskan sebelumnya, selanjutnya dapat menentukan nilai koreksi hambatan sampingnya. Besaran nilai koreksi hambatan samping yang terdapat pada PKJI 2023 dapat dilihat pada Tabel 2.10:

**Tabel 2. 10  $F_{HS}$  sebagai fungsi dari tipe lingkungan jalan, hambatan samping, dan  $R_{KTB}$**

Tipe Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	$F_{HS}$ untuk Nilai $R_{KTB}$					
		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
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	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

#### 2.2.1.6 Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kiri ( $F_{BK_i}$ )

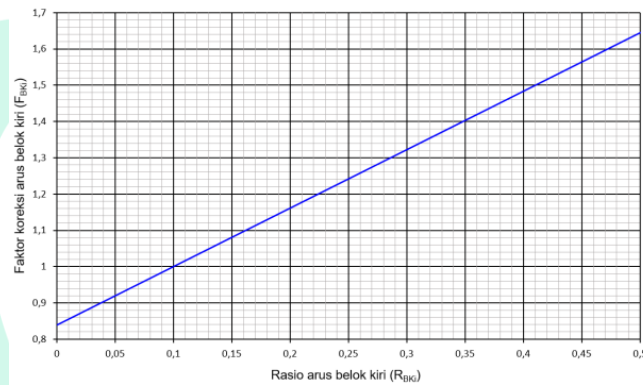
Faktor koreksi rasio arus belok kiri merupakan faktor koreksi untuk kapasitas dasar yang berhubungan dengan rasio kendaraan yang berbelok ke kiri. Rasio kendaraan belok kiri

dapat ditentukan dengan perbandingan antara jumlah kendaraan belok kiri dengan arus kendaraan bermotor. Dalam PKJI 2023, untuk mendapatkan nilai dari faktor koreksi ini, dapat diperoleh melalui grafik pada Gambar 2.3 atau dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.6 berikut:

$$F_{BK_i} = 0,84 + 1,61 R_{BK_i} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan:

$R_{BK_i}$  = Rasio belok kiri.



**Gambar 2.3 Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kiri ( $F_{BK_i}$ )**

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

**2.2.1.7 Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kanan ( $F_{BK_a}$ )**

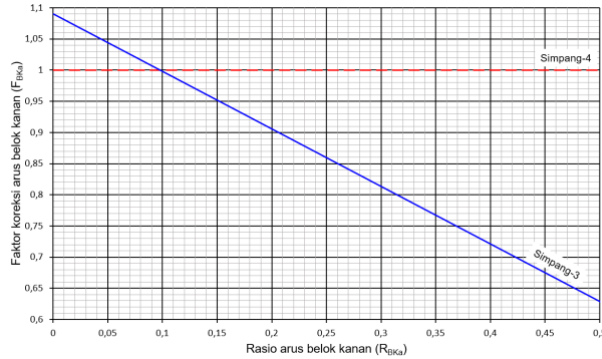
Faktor koreksi rasio arus belok kanan merupakan faktor koreksi untuk kapasitas dasar yang berhubungan dengan rasio kendaraan yang berbelok ke kanan. Rasio kendaraan belok kanan dapat ditentukan dengan perbandingan antara jumlah kendaraan belok kanan dengan arus kendaraan bermotor. Dalam PKJI 2023, untuk mendapatkan nilai dari faktor koreksi ini, dapat diperoleh melalui grafik pada Gambar 2.4 atau dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.7 dan 2.8 berikut:

Untuk Simpang Lengan 4 =  $F_{BK_a} = 1,0 \dots\dots\dots (2.7)$

Untuk Simpang Lengan 3 =  $F_{BK_a} = 1,09 - 0,922 R_{BK_a} \dots (2.8)$

Dengan:

$R_{BKa}$  = Rasio belok kanan.



**Gambar 2. 4 Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kanan ( $F_{BKa}$ )**

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

### 2.2.1.8 Faktor Koreksi Rasio Arus Jalan Minor ( $F_{mi}$ )

Faktor koreksi rasio arus jalan minor merupakan faktor koreksi untuk kapasitas dasar yang berhubungan dengan rasio kendaraan dari jalan minor. Rasio kendaraan dari jalan minor dapat ditentukan dengan perbandingan antara jumlah kendaraan dari jalan minor dengan arus kendaraan bermotor. Dalam PKJI 2023, untuk mendapatkan nilai dari faktor koreksi ini, dapat diperoleh melalui grafik pada Gambar 2.5 atau dapat dihitung menggunakan persamaan yang terdapat pada Tabel 2.11 berikut:

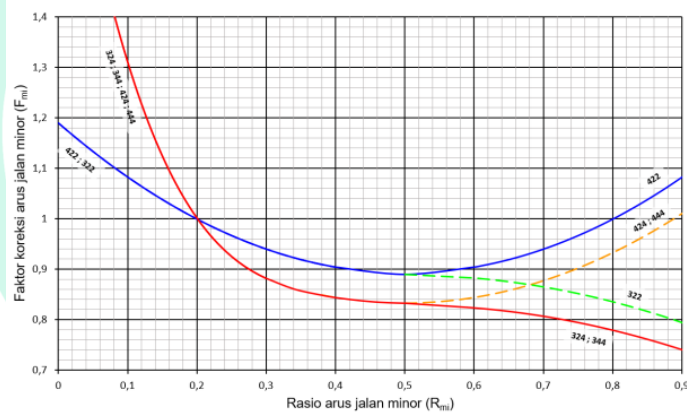
**Tabel 2. 11 Faktor koreksi rasio arus jalan minor ( $F_{mi}$ ) dalam bentuk persamaan**

Tipe Simpang	$F_{mi}$	$R_{mi}$
422	$1,19 \times R_{mi}^2 - 1,19 \times R_{mi} + 1,19$	0,1-0,9
424 dan 444	$16,6 \times R_{mi}^4 - 33,3 \times R_{mi}^3 + 25,3 \times R_{mi}^2 - 8,6 \times R_{mi} + 1,95$	0,1-0,3
	$1,11 \times R_{mi}^2 - 1,11 \times R_{mi} + 1,11$	0,3-0,9
322	$1,19 \times R_{mi}^2 - 1,19 \times R_{mi} + 1,19$	0,1-0,5
	$-0,595 \times R_{mi}^2 + 0,595 \times R_{mi} + 0,74$	0,5-0,9

Tipe Simpang	$F_{mi}$	$R_{mi}$
324 & 344	$16,6 \times R_{mi}^4 - 33,3 \times R_{mi}^3 + 25,3 \times R_{mi}^2 - 8,6 R_{mi} + 1,95$	0,1-0,3
	$1,11 \times R_{mi}^2 - 1,11 \times R_{mi} + 1,11$	0,3-0,5
	$-0,555 \times R_{mi}^2 + 0,555 \times R_{mi} + 0,69$	0,5-0,9

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Dari Tabel 2.11 dapat diketahui bahwa nilai dari Faktor Koreksi Rasio Arus Jalan Minor ( $F_{mi}$ ) didapatkan berdasarkan tipe simpang yang digunakan dan rasio arus kendaraan dari jalan minor ( $R_{mi}$ ).



**Gambar 2. 5 Faktor Koreksi Rasio Arus Jalan Minor ( $F_{mi}$ )**

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

### 2.2.2 Derajat Kejenuhan ( $D_j$ )

Menurut (Ficry Kayori K Sendow & E Manoppo, 2013) derajat kejenuhan digunakan sebagai faktor utama dalam menentukan tingkat kinerja simpang. Nilai tersebut menunjukkan apakah simpang tersebut mempunyai masalah kapasitasnya atau tidak. Persamaan 2.9 dapat digunakan untuk menghitung derajat kejenuhan yang didapatkan melalui PKJI 2023:

$$D_j = \frac{q}{c} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan:



- $D_j$  = Derajat kejenuhan.
- $C$  = Kapasitas simpang (SMP/Jam).
- $q$  = Semua arus lalu lintas kendaraan dari semua lengan yang masuk ke dalam simpang (SMP/Jam).

Nilai derajat kejenuhan dapat dihitung dengan menggunakan perbandingan arus lalu lintas terhadap kapasitasnya yang dinyatakan dalam SMP/Jam. Besarnya nilai derajat kejenuhan bervariasi antara 0 (nol) hingga 1 (satu). Semakin nilainya mendekati nilai 1, maka kondisi lalu lintas dari simpang tersebut sudah mendekati kondisi jenuh. Jika simpang berada dalam kondisi jenuh, artinya kondisi lalu lintas yang terjadi di lapangan dapat dikatakan padat atau kecepatan kendaraan rendah.

### 2.2.3 Tundaan (T)

Menurut (PKJI, 2023) tundaan terjadi dikarenakan dua hal, yaitu tundaan lalu lintas ( $T_{LL}$ ) dan tundaan geometrik.

$$T = T_{LL} + T_G \dots\dots\dots (2.10)$$

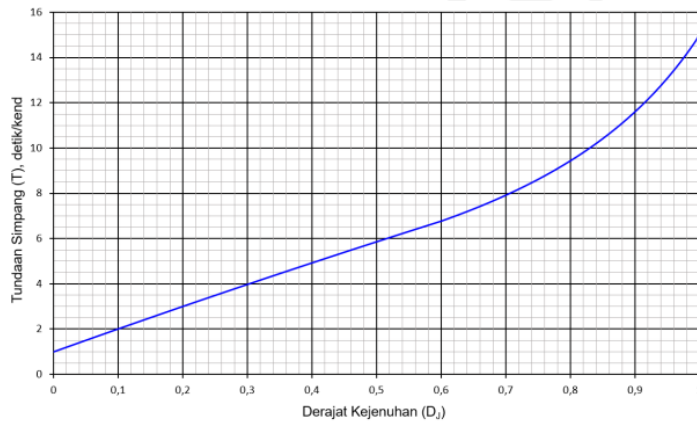
Dengan:

$T$  = Tundaan

$T_{LL}$  = Tundaan lalu lintas

$T_G$  = Tundaan geometrik

Dari Persamaan 2.10 diatas, dapat diketahui bahwa untuk mencari nilai tundaan simpang, yaitu dengan menjumlahkan tundaan lalu lintas ( $T_{LL}$ ) dan tundaan geometrik ( $T_G$ ). Nilai tundaan ( $T$ ) juga dapat diperoleh melalui grafik yang terdapat pada Gambar 2.6 dengan menggunakan nilai Derajat Kejenuhan ( $D_j$ ).



**Gambar 2. 6 Tundaan lalu lintas simpang sebagai fungsi dari ( $D_j$ )**

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Tundaan lalu lintas ( $T_{LL}$ ) adalah tundaan rata-rata lalu lintas untuk semua kendaraan yang masuk/melewati simpang dari semua arah. Tundaan lalu lintas ( $T_{LL}$ ) juga dapat terjadi pada jalan mayor atau jalan minor. Dalam PKJI 2023, nilai dari tundaan lalu lintas ( $T_{LL}$ ) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.11 dan 2.12.

Untuk  $D_j \leq 0,60$ , maka  $T_{LL} = 2 + 8,2078 D_j - (1 - D_j)^2$  ..... (2.11)

Untuk  $D_j > 0,60$ , maka  $T_{LL} = \frac{1,0504}{(0,2742 - 0,2042 D_j)} - (1 - D_j)^2$  ..... (2.12)

**2.2.3.1 Tundaan Lalu Lintas untuk Jalan Mayor**

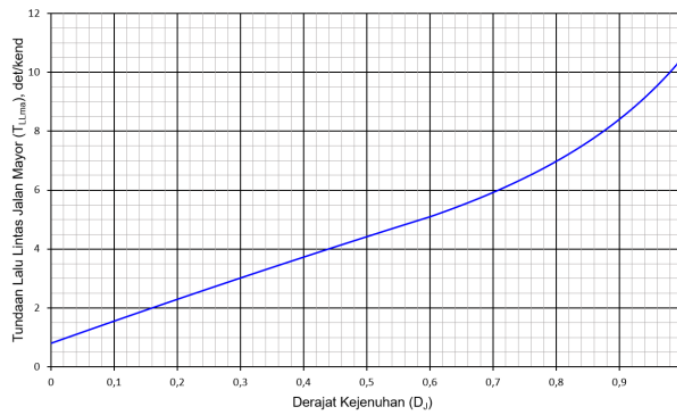
Tundaan lalu lintas untuk jalan mayor ( $T_{LLma}$ ) adalah tundaan rata-rata lalu lintas untuk semua kendaraan yang masuk/melewati simpang dari jalan mayor. Dalam PKJI 2023, untuk mendapatkan nilai ini dapat digunakan grafik pada Gambar 2.7 dengan menggunakan nilai Derajat Kejenuhan ( $D_j$ ) atau dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.13 dan 2.14.

Untuk  $D_j \leq 0,60$

$T_{LLma} = 1,8000 + 5,8234 D_j - (1 - D_j)^{1,8}$  ..... (2.13)

Untuk  $D_j > 0,60$

$$T_{LLma} = \frac{1,0503}{(0,3460 - 0,2460 D_J)} - (1 - D_J)^{1,8} \dots\dots\dots (2.14)$$



**Gambar 2. 7 Tundaan lalu lintas jalan mayor sebagai fungsi dari ( $D_J$ )**

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

### 2.2.3.2 Tundaan Lalu Lintas untuk Jalan Minor

Tundaan lalu lintas untuk jalan minor ( $T_{LLmi}$ ) adalah tundaan rata-rata lalu lintas untuk semua kendaraan yang masuk/melewati simpang dari jalan minor. Dalam PKJI 2023, untuk mendapatkan nilai ini, dapat diperoleh dengan menggunakan nilai dari tundaan lalu lintas ( $T_{LL}$ ) dan tundaan lalu lintas untuk jalan mayor ( $T_{LLma}$ ). Persamaan 2.15 dapat digunakan untuk memperoleh nilai dari tundaan lalu lintas untuk jalan minor ( $T_{LLmi}$ ) yang didapatkan melalui PKJI 2023:

$$T_{LLmi} = \frac{q_{KB} \times T_{LL} - q_{ma} \times T_{LLma}}{q_{mi}} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dengan:

$q_{KB}$  = Arus total kendaraan bermotor yang masuk simpang (SMP/Jam)

$q_{ma}$  = Arus kendaraan bermotor yang masuk simpang dari jalan mayor (SMP/Jam)

### 2.2.3.3 Tundaan Geometrik ( $T_G$ )

Tundaan Geometrik ( $T_G$ ) adalah tundaan yang terjadi akibat perlambatan dan percepatan yang terganggu saat kendaraan-kendaraan membelok atau berhenti pada suatu simpang yang dinyatakan dalam Detik/SMP. Dalam PKJI 2023, untuk mendapatkan nilai tundaan geometrik dapat digunakan Persamaan 2.16 dan 2.17.

Untuk  $D_j < 1$ ,

$$T_G = (1 - D_j) \times \{6 R_B + 3 (1 - R_B)\} + 4 D_j (\text{Detik/SMP}) \dots (2.16)$$

Untuk  $D_j \geq 1$ ,

$$T_G = 4 \text{ Detik/SMP} \dots \dots \dots (2.17)$$

Dengan:

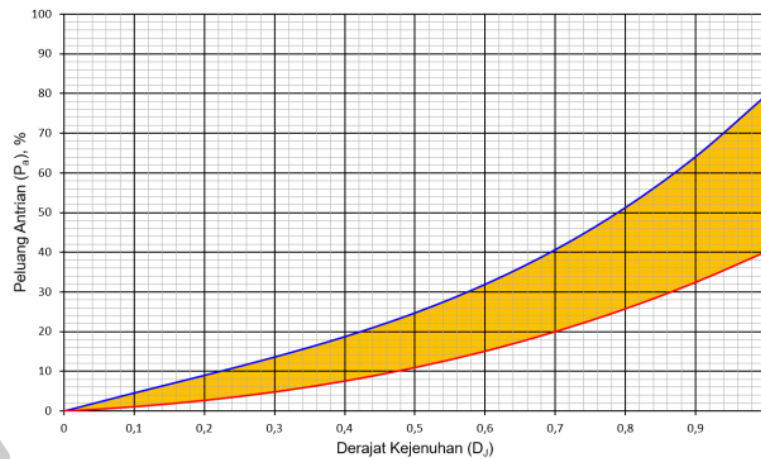
$R_B$  = Rasio arus belok terhadap arus kendaraan bermotor total simpang.

### 2.2.4 Peluang Antrian ( $P_a$ )

Peluang antrian adalah kemungkinan terjadinya antrian kendaraan pada suatu simpang yang dinyatakan dalam rentang kemungkinan (%). Dalam PKJI 2023, rentang nilai peluang antrian dapat ditentukan melalui grafik pada Gambar 2.8 yang berhubungan dengan derajat kejenuhan atau dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.18 dan 2.19.

$$\text{Batas atas peluang} : P_a = 47,71 D_j - 24,68 D_j^2 + 56,47 D_j^3 \dots (2.18)$$

$$\text{Batas bawah peluang} : P_a = 9,02 D_j - 20,66 D_j^2 + 10,49 D_j^3 \dots (2.19)$$



**Gambar 2. 8 Peluang antrian ( $P_a$ , %) pada simpang sebagai fungsi dari  $D_j$**

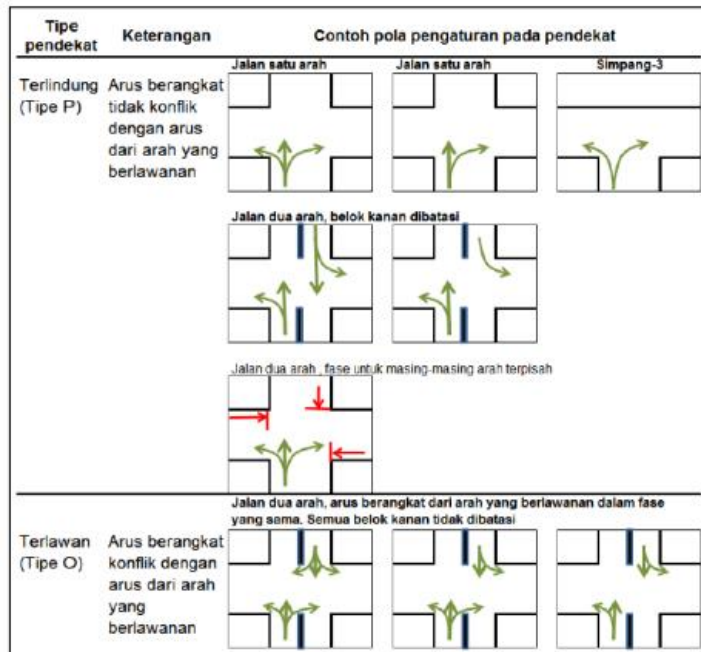
(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

## 2.3 Prosedur Simpang APILL

### 2.3.1 Penentuan Lebar Pendekat Efektif

#### 2.3.1.1 Tipe Pendekat

Pada pendekat dengan arus lalu lintas yang berangkat pada fase yang berbeda, maka analisis kapasitas pada masing-masing fase pendekat tersebut harus dilakukan secara terpisah (misal arus lurus dan belok kanan dengan lajur terpisah). Hal yang sama pada perbedaan tipe pendekat, pada satu pendekat yang memiliki tipe pendekat, baik terlindung maupun terlawan (pada fase yang berbeda), maka proses analisisnya harus dipisahkan berdasarkan ketentuan ketentuannya masing-masing. Untuk lebih detail nya dapat dilihat pada Gambar 2.9.



**Gambar 2.9 Penentuan Tipe Pendekat**

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Gambar 2.9 memberikan ilustrasi dalam penentuan tipe pendekat, apakah terlindung (P) atau terlawan (O). Pendekat dengan tipe terlindung (tipe P), yaitu arus berangkat tidak konflik dengan arus lalu lintas dari arah yang berlawanan. Sedangkan pendekat dengan tipe terlawan (tipe O) adalah arus berangkat konflik dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan.

### 2.3.1.2 Lebar Pendekat Efektif

Lebar pendekat efektif ditentukan berdasarkan lebar ruas pendekat awal ( $L$ ), lebar masuk ( $L_M$ ), dan lebar keluar ( $L_K$ ). Berikut adalah ketentuan dalam menentukan nilai lebar efektif:

1. Jika  $L_{BKijT} \geq 2$  m atau  $L_{BKijT}$  merupakan lajur eksklusif, maka arus kendaraan BKiJT dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan selama isyarat merah.  $L_E$  ditetapkan sebagai berikut:

Langkah 1 = Keluarkan arus  $B_{KijT}$  ( $q_{BKijT}$ ) dari perhitungan dan selanjutnya arus yang dihitung adalah  $q = q_{LRS} + q_{BKA}$

Tentukan lebar efektif sebagai berikut:

$$L_E = \text{Min} \begin{cases} L - L_{BKijT} \\ L_M \end{cases}$$

Langkah 2 = Periksa  $L_k$  (hanya untuk pendekatan tipe P), jika  $L_k < L_M \times (1 - R_{BKa})$ , maka  $L_E = L_k$ , dan analisis penentuan waktu isyarat untuk pendekatan ini dilakukan hanya untuk arus lalu lintas lurus saja.

2. Jika  $L_{BKijT} < 2$  m, maka kendaraan  $B_{KijT}$  dianggap tidak dapat mendahului antrian kendaraan lainnya selama isyarat merah.  $L_E$  ditetapkan sebagai berikut:

Langkah 1 = Sertakan  $q_{BKijT}$  pada perhitungan selanjutnya.

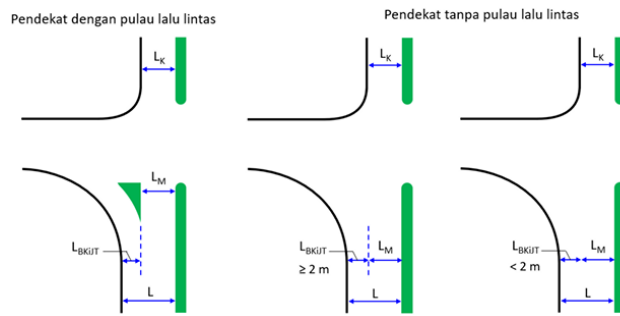
$$L_E = \text{Min} \begin{cases} L \\ L_M + L_{BKijT} \\ L \times (1 + R_{BKijT}) - L_{BKijT} \end{cases}$$

Langkah 2 = Periksa  $L_k$  (hanya untuk pendekatan tipe P), jika  $L_k < L_M \times (1 - R_{BKa} - R_{BKijT})$ , maka  $L_E = L_k$ , dan analisis penentuan waktu isyarat untuk pendekatan ini dilakukan hanya untuk arus lalu lintas lurus saja.

Terdapat beberapa kondisi terkait dalam menentukan nilai  $L_M$ , yaitu:

1. Untuk pendekatan dengan pulau lalu lintas, arus belok kiri memiliki lebar lajur tersendiri sehingga lebar masuk ( $L_M$ ) merupakan lebar antara tepi pulau lalu

lintas dengan median yang ditunjukkan pada Gambar 2.10 (Bagian kiri)



**Gambar 2. 10 Lebar Pendekat dengan pulau lalu lintas dan tanpa pulau lalu lintas**

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

- Untuk pendekat tanpa pulau lalu-lintas, arus belok kiri jalan terus bisa membentuk lajur sendiri atau bisa bergabung dengan arus yang lurus tergantung dari ketersediaan ruang kendaraan yang belok kiri. Jika  $L_{BKJT}$  lebih dari 2 (dua) meter maka arus belok kiri dapat membentuk antrian sendiri sehingga  $L_M = L - L_{BKJT}$  Gambar 2.10 (Bagian Tengah). Sedangkan jika  $L_{BKJT}$  kurang dari 2 (dua) meter maka arus belok kiri akan menyatu dengan arus lalu lintas yang lurus Gambar 2.10 (Bagian kanan).

### 2.3.2 Arus Jenuh Dasar ( $J_0$ )

Arus jenuh dasar adalah besarnya arus lalu lintas keberangkatan antrian di dalam suatu pendekat yang dinyatakan dalam SMP/Jam pada kondisi ideal (PKJI, 2023). Dalam PKJI 2023, arus jenuh dasar ( $J_0$ ) dapat ditentukan sebagai berikut:

Untuk pendekat terlindung (tipe P), nilai arus jenuh dasar dapat ditentukan melalui grafik pada Gambar 2.11 atau dapat menggunakan rumus Persamaan 2.20 berikut.

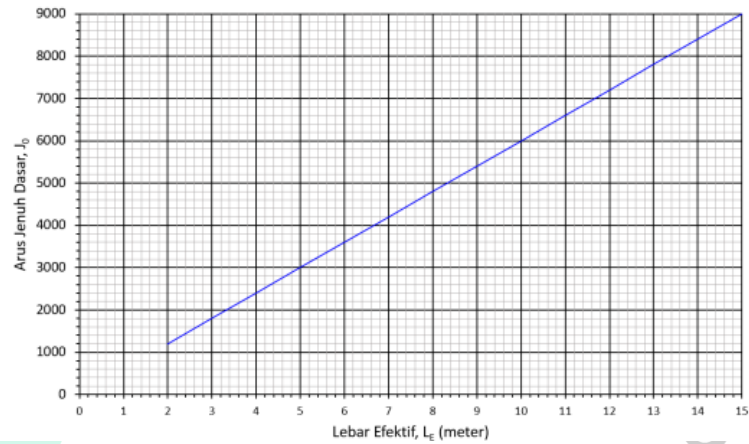
$$J_0 = 600 \times L_E \dots\dots\dots (2.20)$$



Dengan:

$J_0$  = Arus jenuh dasar (SMP/jam)

$L_E$  = Lebar efektif pendekat (meter)



**Gambar 2. 11 Arus jenuh dasar untuk pendekat terlindung (tipe P)**

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

### 2.3.3 Arus Jenuh (J)

Arus jenuh adalah besarnya arus lalu lintas keberangkatan antrian dari dalam suatu pendekat yang dinyatakan dalam SMP/Jam sesuai dengan kondisi yang ada (PKJI, 2023). Nilai ini dapat ditentukan dari perkalian arus jenuh dasar ( $J_0$ ) dengan faktor-faktor koreksi untuk simpang kondisi eksisting terhadap kondisi ideal. Persamaan 2.21 dapat digunakan untuk menghitung nilai arus jenuh yang didapat melalui PKJI 2023:

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BKl} \times F_{BKk} \dots \dots \dots (2.21)$$

Dengan:

$F_{HS}$  = Faktor koreksi hambatan samping

$F_{UK}$  = Faktor koreksi ukuran kota

$F_G$  = Faktor koreksi kelandaian memanjang pendekat

$F_P$  = Faktor koreksi parkir

$F_{BKl}$  = Faktor koreksi belok kiri

$F_{BKk}$  = Faktor koreksi belok kanan

### 2.3.3.1 Faktor-faktor Koreksi

#### 1. Faktor Koreksi Hambatan Samping ( $F_{HS}$ )

$F_{HS}$  adalah faktor koreksi untuk arus jenuh dasar ( $J_0$ ) akibat adanya hambatan samping lingkungan jalan. Pada PKJI 2023, besarnya nilai ini dapat dilihat Tabel 2.12 sesuai dengan kondisi yang ada.

**Tabel 2. 12 Faktor koreksi untuk tipe lingkungan, hambatan samping, dan kendaraan ( $F_{HS}$ )**

Tipe lingkungan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥0,25
Komersial (KOM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Pemukiman (KIM)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses Terbatas (AT)	Tinggi/	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
	Sedang/ Rendah	Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Dari Tabel 2.12 dapat diketahui bahwa dalam nilai koreksi hambatan samping ( $F_{HS}$ ) berhubungan dengan tipe lingkungan, tipe fase, hambatan samping disekitar simpang, serta besarnya rasio Kendaraan Tak Bermotor (KTB).

#### 2. Faktor Koreksi Ukuran Kota ( $F_{UK}$ )

Faktor koreksi ukuran kota adalah faktor koreksi untuk nilai ( $J_0$ ) yang berkaitan dengan jumlah penduduk di suatu kota. Dalam PKJI

2023, besarnya nilai dari faktor koreksi ukuran kota dapat dilihat pada Tabel 2.13.

**Tabel 2. 13 Faktor Koreksi Ukuran Kota**

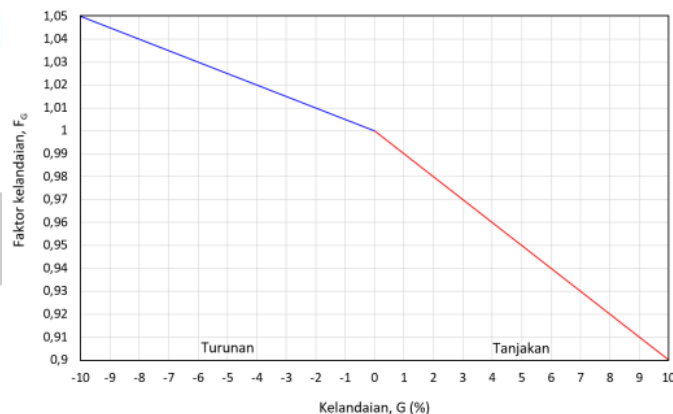
Jumlah penduduk kota (Juta jiwa)	Faktor koreksi ukuran kota ( $F_{UK}$ )
>3,0	1,05
1,0-3,0	1,00
0,5-1,0	0,94
0,1-0,5	0,83
<0,1	0,82

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Dari Tabel 2.13, nilai faktor koreksi ukuran kota dikategorikan menjadi 5 (lima) berdasarkan jumlah penduduk kota.

### 3. Faktor Koreksi Kelandaian ( $F_G$ )

$F_G$  adalah faktor koreksi arus jenuh ( $J_0$ ) akibat kelandaian memanjang pendekat. Dalam PKJI 2023, besarnya nilai faktor koreksi kelandaian dapat ditentukan melalui grafik yang terdapat pada Gambar 2.12.



**Gambar 2. 12 Faktor Koreksi untuk Kelandaian**

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Gambar 2.12 menjelaskan bahwa besarnya faktor koreksi untuk kelandaian ditentukan dari kelandaian lengan simpang.

#### 4. Faktor Koreksi Parkir ( $F_P$ )

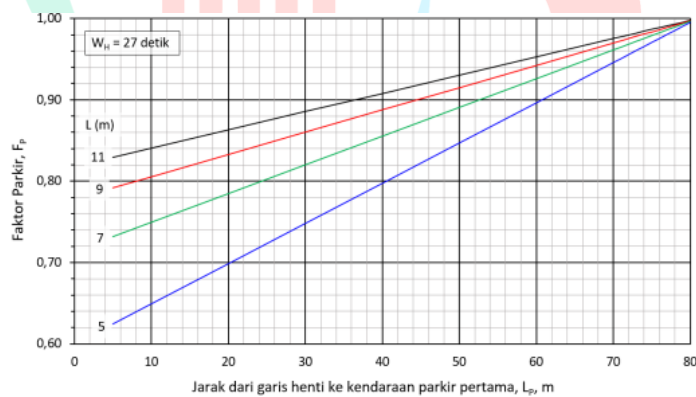
$F_P$  adalah faktor koreksi nilai arus jenuh ( $J_0$ ) akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama. Dalam PKJI 2023, besarnya nilai faktor koreksi parkir dapat ditentukan melalui grafik pada Gambar 2.13 atau dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.22 berikut.

$$F_P = \frac{\left[ \frac{L_P}{3} - \frac{(L-2) \times \left( \frac{L_P}{3} - W_H \right)}{L} \right]}{W_H} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dengan :

$L_P$  = Jarak antara garis henti ke kendaraan yang parkir pertama pada lajur belok kiri atau panjang dari lajur belok kiri yang pendek, dalam meter.

$L$  = Lebar pendekat (m)

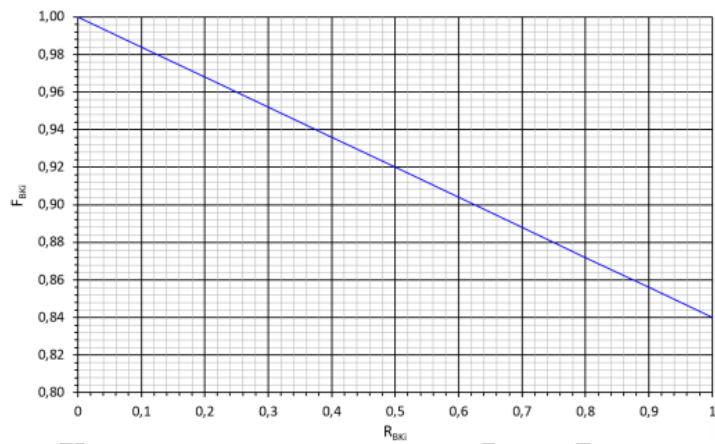


**Gambar 2. 13 Faktor Koreksi untuk Pengaruh Parkir**

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

#### 5. Faktor Koreksi Belok Kiri ( $F_{BK_i}$ )

$F_{BK_i}$  adalah faktor koreksi nilai arus jenuh ( $J_0$ ) akibat adanya kendaraan yang berbelok ke arah kiri. Faktor ini hanya untuk pendekat dengan tipe P tanpa  $B_{K_iJT}$ . Dalam PKJI 2023, besarnya nilai faktor ini dapat ditentukan melalui grafik yang terdapat pada Gambar 2.14.



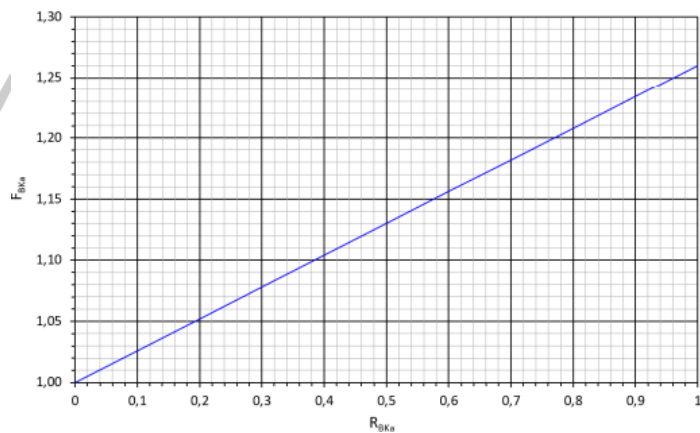
**Gambar 2. 14 Faktor koreksi untuk belok kiri ( $F_{BKl}$ )**

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Gambar 2.14 merupakan faktor koreksi untuk belok kiri untuk pendekatan tipe P tanpa  $B_{KlJT}$ , dan  $L_E$  ditentukan oleh  $L_M$ . Dari Gambar 2.14 dapat diketahui bahwa semakin tingginya nilai rasio kendaraan belok kiri, maka nilai dari faktor koreksi ini akan semakin menurun.

6. Faktor Koreksi Belok Kanan ( $F_{BKa}$ )

$F_{BKa}$  adalah faktor koreksi nilai arus jenuh ( $J_0$ ) akibat adanya kendaraan yang berbelok ke arah kanan. Faktor ini hanya untuk pendekatan dengan tipe P dengan jalan 2 arah.



**Gambar 2. 15 Faktor koreksi untuk belok kanan ( $F_{BKa}$ )**

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Gambar 2.15 merupakan Faktor koreksi untuk belok kanan ( $F_{BKa}$ ), pada pendekat tipe P dengan jalan dua arah, dan  $L_E$  ditentukan oleh  $L_M$ . Melalui Gambar 2.15 diketahui bahwa besarnya nilai faktor koreksi ini akan cenderung semakin naik sesuai dengan besarnya rasio arus lalu lintas yang berbelok ke arah kanan.

### 2.3.4 Rasio Arus terhadap Arus Jenuh

Berdasarkan PKJI 2023, rasio arus terhadap arus jenuh dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.23.

$$R_{q/j} = \frac{q}{J} \dots\dots\dots (2.23)$$

Dengan :

- $R_{q/j}$  = Rasio arus terhadap arus jenuh
- $q$  = Arus lalu lintas
- $J$  = Arus Jenuh

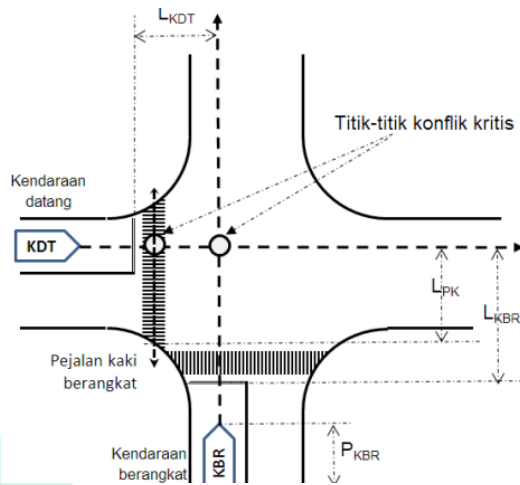
### 2.3.5 Waktu Isyarat APILL

#### 2.3.5.1 Waktu Merah Semua dan Waktu Hijau Hilang Total

$W_{MS}$  diperlukan untuk pengosongan area konflik dalam simpang APILL pada akhir setiap fase. Waktu ini memberikan kesempatan bagi kendaraan terakhir (KBR) melewati garis henti pada akhir isyarat kuning sampai dengan meninggalkan titik konflik. Jarak ini adalah panjang lintasan keberangkatan ( $L_{KBR}$ ) ditambah panjang kendaraan berangkat ( $P_{KBR}$ ) sebelum kedatangan kendaraan pertama yang datang dari arah lain (KDT) pada fase berikutnya yang melewati garis henti pada awal isyarat hijau sampai dengan ke titik konflik yang sama dengan jarak lintasan  $L_{KDT}$ .

Jadi,  $W_{MS}$  merupakan fungsi dari kecepatan dan jarak dari kendaraan yang berangkat dan yang datang dari garis henti masing-masing arah sampai ke titik konflik, serta panjang dari kendaraan yang berangkat ( $P_{KBR}$ ). Dalam hal waktu lintasan pejalan kaki ( $L_{PK}$ ) lebih lama ditempuh dibandingkan  $L_{KBR}$ ,

maka  $L_{PK}$  yang menentukan panjang lintasan berangkat (lihat Gambar 2.16).



**Gambar 2. 16 Titik konflik kritis dan jarak untuk keberangkatan dan kedatangan**

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Titik konflik kritis pada masing-masing fase (i) adalah titik yang menghasilkan  $W_{MS}$  terbesar.  $W_{MS}$  per fase dipilih yang terbesar dari dua hitungan waktu lintasan, yaitu kendaraan berangkat dan pejalan kaki. Dalam PKJI 2023, nilai  $W_{MS}$  dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.24.

$$W_{MS} = \text{Max} \int \frac{\frac{L_{KBR} + P_{KBR}}{V_{KBR}} \frac{L_{KDT}}{V_{KDT}}}{\frac{L_{PK}}{V_{PK}}} \dots\dots\dots (2.24)$$

Dengan:

- $L_{KBR}, L_{KDT},$  = Jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat, kendaraan yang datang, dan pejalan kaki (meter)
- $L_{PK}$  =
- $P_{KBR}$  = Panjang kendaraan yang berangkat (meter)

$V_{KBR}, V_{KDT}, V_{PK}$  = Kecepatan untuk masing-masing kendaraan berangkat, kendaraan datang, dan pejalan kaki (m/det)

Gambar 2.16 menunjukkan kejadian dengan titik-titik konflik kritis yang diberi tanda bagi kendaraan-kendaraan maupun para pejalan kaki yang memotong jalan. Nilai-nilai  $V_{KBR}$ ,  $V_{KDT}$ , dan  $P_{KBR}$  tergantung dari kondisi lokasi setempat. Nilai-nilai berikut ini dapat digunakan sebagai pilihan jika nilai baku tidak tersedia.

- $V_{KDT} = 10$  m/det (kendaraan bermotor)
- $V_{KBR} = 10$  m/det (kendaraan bermotor)
- 3 m/det (kendaraan tidak bermotor misalnya sepeda)
- 1.2 m/det (pejalan kaki)
- $P_{KBR} = 5$  m (MP atau KS)
- 2 m (SM atau KTB)

Apabila periode  $W_{MS}$  untuk masing-masing akhir fase telah ditetapkan, maka waktu hijau hilang total ( $W_{HH}$ ) untuk simpang APILL untuk setiap siklus dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu-waktu antar hijau menggunakan Persamaan 2.26.

$$W_{HH} = \sum_i (W_{MS} + W_K) i \dots\dots\dots (2.25)$$

Dengan:

- $W_{MS}$  = waktu merah semua (detik).
- $W_K$  = waktu kuning (detik)

Panjang waktu kuning pada APILL di kota-kota Indonesia biasanya ditetapkan 3,0 detik. Untuk simpang APILL dengan area geometri yang luas dan kurang ideal, maka sebaiknya dihitung.



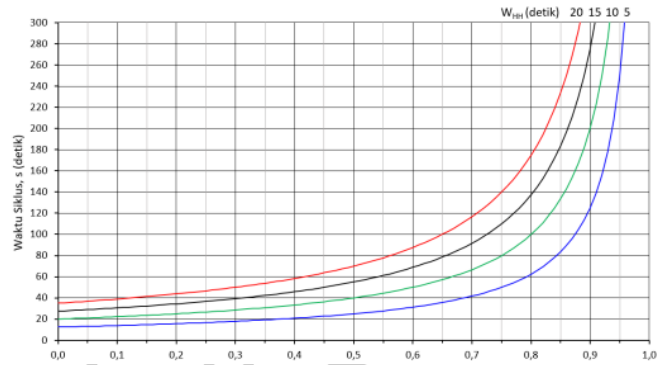
### 2.3.5.2 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Menurut (PKJI, 2023), waktu isyarat terdiri dari 2 (dua) waktu, yaitu waktu siklus ( $s$ ) dan waktu hijau ( $W_H$ ). Tahap pertama adalah penentuan waktu siklus untuk sistem kendali waktu tetap yang didapatkan dengan menggunakan rumus Webster (1966). Rumus ini bertujuan untuk meminimalkan tundaan total. Tahap selanjutnya adalah menetapkan waktu hijau ( $W_H$ ) pada masing-masing fase ( $i$ ). Dalam PKJI 2023, nilai  $S$  dapat ditetapkan dengan melalui grafik pada Gambar 2.17 atau menggunakan Persamaan 2.26 berikut.

$$S = \frac{(1,5 \times W_H + 5)}{(1 - \sum R_{q/jkritis})} \dots \dots \dots (2.26)$$

Dengan:

- $S$  = Waktu siklus (Detik)
- $W_H$  = Jumlah waktu hijau hilang per siklus (Detik)
- $R_{q/j}$  = Rasio arus, yaitu arus dibagi arus jenuh ( $q/J$ )
- $R_{q/jkritis}$  = Nilai  $R_{q/j}$  yang tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada fase yang sama
- $\sum R_{q/jkritis}$  = Rasio arus simpang (sama dengan jumlah semua  $R_{q/jkritis}$  dari semua fase) pada siklus tersebut



**Gambar 2. 17** Penetapan waktu siklus sebelum dikoreksi

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Berdasarkan PKJI 2023, nilai  $W_H$  dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.27 berikut.

$$W_{Hi} = (S - W_{HH}) \times \frac{R_{q/jkritis}}{\sum R_{q/jkritis}} \dots\dots\dots (2.27)$$

Dengan:

- $W_{Hi}$  = Waktu hijau pada fase i (detik)
- i = Indeks untuk fase ke i

### 2.3.6 Kinerja Lalu Lintas Simpang APILL

#### 2.3.6.1 Kapasitas

Berdasarkan PKJI 2023, kapasitas simpang APILL dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.28 berikut.

$$C = J \times \frac{W_H}{S} \dots\dots\dots (2.28)$$

Dengan:

- $C$  = Kapasitas Simpang APILL (SMP/jam)
- $J$  = Arus jenuh, dalam (SMP/jam)
- $W_H$  = Total waktu hijau dalam satu siklus (detik)
- $S$  = Waktu siklus (detik)

### 2.3.6.2 Derajat Kejenuhan

Nilai derajat kejenuhan pada simpang APILL dapat dihitung dengan perbandingan antara jumlah volume lalu lintas dengan kapasitas dari simpangnya. Berdasarkan PKJI 2023, Persamaan 2.29 dapat digunakan untuk perhitungan dalam mencari nilai derajat kejenuhan:

$$D_j = \frac{q}{C} \dots\dots\dots (2.29)$$

Dengan:

- $D_j$  = derajat kejenuhan
- $C$  = kapasitas segmen jalan (SMP/jam)
- $q$  = volume lalu lintas (SMP/jam)

### 2.3.6.3 Panjang Antrian ( $P_A$ )

Panjang antrian ( $P_A$ ) dapat dihitung dari perkalian nilai  $N_q$  dengan luas area rata-rata satu mobil penumpang, yaitu  $20 \text{ m}^2$  dibagi dengan lebar masuk dengan satuan m. Persamaan 2.30 dapat digunakan untuk perhitungan panjang antrian ( $P_A$ ) yang didapatkan melalui PKJI 2023:

$$P_A = N_q \times \frac{20}{L_M} \dots\dots\dots (2.30)$$

Untuk mencari nilai  $N_q$  dapat dicari dengan jumlah kendaraan (SMP) terhenti yang tersisa dari fase hijau sebelumnya ( $N_{q1}$ ) ditambah dengan jumlah kendaraan (SMP) yang datang dan terhenti dalam antrian selama fase merah ( $N_{q2}$ ). Berdasarkan PKJI 2023, untuk mendapatkan nilai  $N_q$  dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.31. Sedangkan, untuk nilai  $N_{q1}$  dan  $N_{q2}$  dapat diperoleh melalui Persamaan 2.32 sampai Persamaan 2.34.

$$N_q = N_{q1} + N_{q2} \dots\dots\dots (2.31)$$

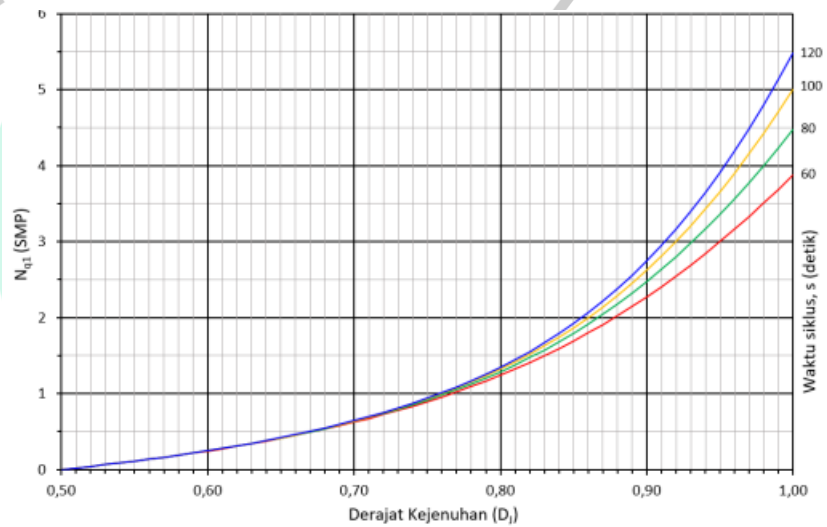
$$\text{Jika nilai } D_j \leq 0,5 \text{ maka } N_{q1} = 0 \dots\dots\dots (2.32)$$

Jika nilai  $D_j \geq 0,5$  maka

$$N_{q1} = 0,25 \times s \times \left\{ (D_j - 1) + \sqrt{(D_j - 1)^2 + \frac{8 \times (D_j - 0,5)}{s}} \right\} \dots\dots\dots (2.33)$$

$$N_{q2} = s \times \frac{(1 - R_H)}{(1 - R_H \times D_j)} \times \frac{q}{3600} \dots\dots\dots (2.34)$$

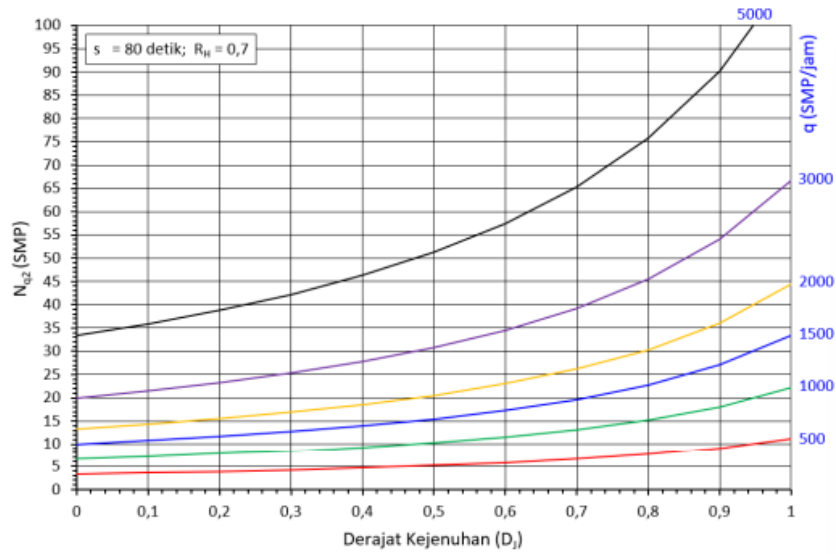
Selain dengan menggunakan persamaan diatas, nilai  $N_{q1}$  dan  $N_{q2}$  dapat ditentukan melalui grafik. Pada Gambar 2.18, merupakan grafik untuk mencari nilai  $N_{q1}$ .



**Gambar 2. 18 Jumlah kendaraan tersisa (SMP) dari sisa fase sebelumnya**

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Sedangkan, untuk nilai  $N_{q2}$  dapat ditentukan melalui grafik yang terdapat pada Gambar 2.19.



**Gambar 2. 19 Jumlah kendaraan yang datang kemudian antri pada fase merah**

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

a. Rasio Kendaraan Henti ( $R_{KH}$ )

Rasio kendaraan henti adalah rasio kendaraan pada pendekatan yang harus berhenti akibat isyarat sebelum melewati suatu simpang APILL terhadap jumlah arus pada fase yang sama terhadap pendekatan tersebut. Berdasarkan (PKJI, 2023), untuk mendapatkan nilai ini dapat melalui grafik pada Gambar 2.20 atau dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.35.

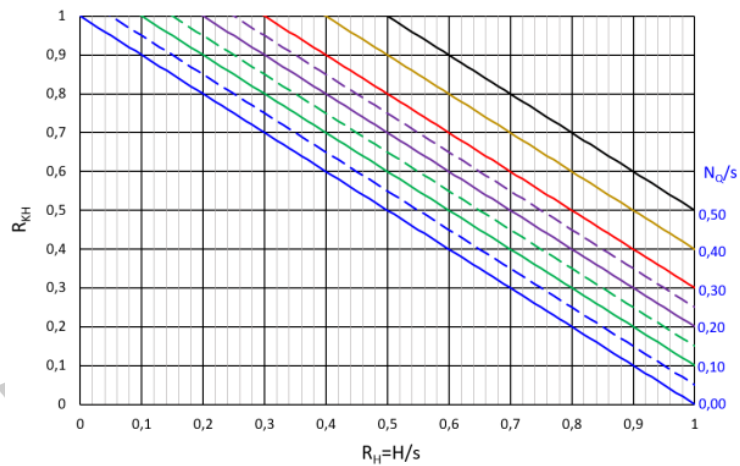
$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_q}{q-s} \times 3600 \dots\dots\dots (2.35)$$

Dengan:

$N_q$  = Jumlah rata-rata antrian kendaraan (SMP) pada awal isyarat hijau

$s$  = Waktu siklus (detik)

$q$  = Arus lalu lintas dari pendekatan yang ditinjau (SMP/jam)



**Gambar 2. 20 Penentuan rasio kendaraan terhenti ( $R_{KH}$ )**  
(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

#### 2.3.6.4 Tundaan

Tundaan pada suatu Simpang APILL terjadi karena 2 (dua) hal, yaitu tundaan lalu lintas ( $T_{LL}$ ), dan tundaan geometri ( $T_G$ ). Berdasarkan PKJI 2023, tundaan rata-rata untuk suatu pendekat  $i$  dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.36.

$$T_i = T_{LLi} + T_{Gi} \dots\dots\dots (2.36)$$

Dengan:

$T$  = Tundaan

$T_{LL}$  = Tundaan lalu lintas

$T_G$  = Tundaan geometrik

Dalam PKJI 2023, untuk mendapatkan nilai tundaan lalu lintas rata-rata pada suatu pendekat  $i$  ( $T_{LLi}$ ) dan Tundaan geometrik rata-rata pada suatu pendekat  $i$  ( $T_{Gi}$ ), dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 2.37 dan 2.38

$$T_{LLi} = s \times \frac{0,5 \times (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_j)} + \frac{N_{q1} \times 3600}{c} \dots\dots\dots (2.37)$$

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \dots\dots\dots (2.38)$$

Dengan:

$P_B$  = Porsi kendaraan membelok pada suatu pendekatan

## 2.4 Vissim Student Version 8.0

Menurut (Romadhona, Ikhsan, & Prasetyo, 2019), Vissim merupakan *software* simulasi yang menawarkan analisis mikroskopis arus lalu lintas baik kendaraan pribadi maupun angkutan umum. Vissim mengatasi berbagai masalah seperti konfigurasi jalur, komposisi kendaraan, dan sinyal lalu lintas, menjadikannya alat yang berharga untuk mengevaluasi berbagai tindakan rekayasa dan perencanaan dalam transportasi.

*Software* simulasi Vissim memiliki kemampuan untuk mengreplikasi karakteristik geometrik dan operasional khas yang diamati di berbagai sistem transportasi. Termasuk melakukan simulasi akurat terhadap data terkait kondisi tersebut Data Masukan Vissim

Terdapat beberapa data yang harus dipersiapkan dalam pemodelan dengan menggunakan *Software* PTV VISSIM 8.0 *Student Version*, yaitu sebagai berikut:

1. Peta lokasi penelitian  
Peta ini merupakan gambar dari lokasi penelitian yang akan digunakan sebagai *background* dalam pemodelan. Gambar peta ini didapatkan melalui *Google Earth* maupun *Google Maps*. Dalam *Software* PTV VISSIM *Student Version* 8.0, dapat dimasukkan pada menu *Background Image*.
2. Nama jalan, lebar jalan, jumlah lajur  
Dalam proses pembuatan *links* dan *connectors* jalan di *Software* PTV VISSIM *Student Version* 8.0, dibutuhkan data berupa nama jalan, lebar jalan, dan jumlah lajur. Data yang dimasukkan sesuai dengan data geometrik jalan yang didapatkan pada survei pendahuluan.
3. Jenis kendaraan

Data jenis kendaraan akan dibutuhkan dalam proses pemodelan melalui *Software PTV VISSIM Student Version 8.0*. Data jenis kendaraan termasuk pada jumlah volume kendaraan yang melewati simpang dengan arah belok kiri, lurus, dan belok kanan. Selain itu, pada data jenis kendaraan juga harus memasukkan kecepatan kendaraan.

4. Kecepatan kendaraan

Data kecepatan kendaraan yang dimasukkan berupa kecepatan minimum dan kecepatan maksimum dari masing-masing jenis kendaraan.

Pada *Software PTV VISSIM Student Version 8.0* akan menampilkan data dari hasil simulasi yang telah dilakukan, yaitu dari node result. Berikut adalah beberapa istilah dari parameter yang ditampilkan:

1. *Qlen*, yaitu panjang antrian rata-rata yang terjadi, dalam satuan meter
2. *QlenMax*, yaitu panjang antrian maksimum yang terjadi, dalam satuan meter.
3. *QStops*, yaitu Jumlah antrian kendaraan yang berhenti.

## 2.5 Penelitian Terdahulu

1. Penelitian dengan judul “Evaluasi Simpang Tak Bersinyal Dan Perencanaan Apill” yang dilakukan oleh Rinka Adela Anggraini, Yudi Edoardo Sinaga, Fera Lestari, Galuh Pramita, dan Kastamto (2022). Lokasi penelitian dilakukan di Persimpangan Bandar Lampung. PKJI 2014 menjadi dasar acuan pada penelitian ini. Hasil penelitian yang dilakukan, yaitu derajat kejenuhan arus lalu lintas di Jl. Ir. Sutami (Panjang) adalah 0,7979, Jl. Ir. Sutami (Lematang) adalah 0,7682, dan Jl. P. Tirtayasa adalah 0,7519. Nilai yang didapatkan tersebut melebihi standar yang disyaratkan oleh PKJI 2014 sehingga sering terjadi kemacetan. Solusi yang dilakukan adalah dengan melakukan perencanaan sinyal 3 fase.



2. Penelitian yang dilakukan oleh Abdul Malik Jayazi, Jauhari Prasetiawan, dan H. Sruya Hadi (2022) dengan judul “Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus Simpang 4 Paok Motong Kabupaten Lombok Timur)”. Lokasi Penelitian dilakukan pada Simpang Empat Paok Motong. Penelitian dilakukan dengan menggunakan PKJI 2014. Hasil dari penelitian ini, yaitu jam puncak terjadi pada hari Jum’at, 29 Juli 2022 dengan periode siang hari pada Pukul 11:00 – 12:00. Total kendaraan maksimum yang melewati simpang adalah 3432 skr/jam derajat kejenuhan adalah 0,91 kapasitas 3750 skr/jam tundaan simpang (T) sebesar 15,84 det/skr dan nilai peluang antrian (PA) yang terjadi sekitar rentang 33,22 % – 65,53 %.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Andri Novi Riadi (2017) dengan judul “Pemodelan Lalu Lintas Simpang Apill Ring Road, Parangtritis, Bantul, Yogyakarta”. Penelitian ini dilakukan pada simpang empat APILL Parangtritis Ring Road Selatan. Pada penelitian ini, analisis data menggunakan PKJI 2014 dan PTV VISSIM. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan berupa beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja simpang, “kinerja simpang pada saat kondisi eksisting”, dan solusi yang dilakukan’.
4. Penelitian yang dilakukan oleh Fuad Trilaksono (2022) dengan judul “Perencanaan Alat Pemberi Isyarat Lampu Lalu Lintas (Apill) Pada Simpang Tak Bersinyal Ruas Jalan Magelang – Purworejo Km. 8 Tahun 2031”. Lokasi penelitian dilakukan pada simpang tiga tak bersinyal di Jalan Magelang – Purworejo Km 8. Penelitian dilakukan dengan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 dan PTV VISSIM. Penelitian dilakukan untuk mengetahui kinerja eksisting dan memprediksi kondisi simpang 10 tahun yang akan datang dengan melakukan perencanaan Alat Pemberi Isyarat Lampu Lalu lintas (APILL) dengan PKJI 2014 dibantu program VISSIM. Hasil penelitian tundaan simpang rata-rata kondisi eksisting sebesar 10,19 detik/skr, Level Of Service (LOS) menunjukkan nilai Baik. Prediksi tundaan simpang rata-rata tahun 2031 sebesar 16,95 detik/skr, LOS

menunjukkan nilai Sedang. Alternatif pemberian APILL di Tahun 2021 dengan aplikasi VISSIM diperoleh 35 det/skr sedangkan PKJI 2014 sebesar 63 det/skr. Nilai tersebut mengalami perubahan dari kondisi eksisting tak bersinyal menjadi simpang bersinyal dari tingkat pelayanan baik menjadi Sedang dengan PKJI 2014 dan Buruk Sekali dengan VISSIM. Prediksi Tahun 2031 menggunakan aplikasi VISSIM nilai tundaan simpang rata-rata 125 det/skr dibandingkan dengan perhitungan PKJI 2014 sebesar 879 det/skr. Berdasarkan evaluasi kinerja simpang tersebut menurun dengan nilai tundaan yang meningkat dimana tingkat pelayanan dari kondisi kurang menjadi buruk sekali.

5. Penelitian yang dilakukan oleh Dedi Hermawan dan Desi Dianasari Utami (2021) dengan judul “Perencanaan Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Tiga Terminal Ciledug Kabupaten Cirebon)”. MKJI 1997 menjadi dasar atau acuan untuk pengolahan data penelitian. Hasil penelitian yang didapatkan, yaitu untuk 3 fase dan 2 fase berupa nilai derajat kejenuhan, waktu siklus, dan rata-rata tundaan yang terjadi. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa perencanaan yang lebih efektif adalah dengan menggunakan 3 fase. Hal ini dikarenakan dengan menerapkan 3 fase dapat meningkatkan nilai kapasitas simpang untuk semua lengan dan memperkecil nilai derajat kejenuhan.