

## **BAB III**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **3.1. Manajemen Rekayasa Lalu Lintas**

Berdasarkan (Undang Undang Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas Angkutan Jalan 2009), manajemen dan rekayasa lalu lintas dilaksanakan untuk mengoptimalkan penggunaan jaringan jalan dan gerakan lalu lintas untuk menjamin keamanan, keselamatan, ketertiban, dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan. Manajemen lalu lintas adalah suatu proses pengaturan penyediaan (*supply*) dan kebutuhan (*demand*) sistem jalan raya untuk memecahkan permasalahan lalu lintas jangka pendek dan untuk mengantisipasi masalah lalu lintas pada periode waktu tertentu. (Putranto, 2016). Manajemen lalu lintas pada prinsipnya adalah penanganan yang ditekankan pada pemanfaatan dan pengaturan fasilitas ruas jalan yang ada secara efektif dan optimal baik dari segi kapasitas maupun keamanan lalu lintas sebelum adanya pelebaran atau pembangunan jalan baru. (Tamin 2008).

Manajemen dan rekayasa lalu lintas memiliki tujuan yaitu untuk mengoptimalkan penggunaan jaringan jalan untuk meningkatkan keselamatan, ketertiban, dan kelancaran lalu lintas dalam kerangka keseluruhan jaringan jalan yang terintegrasi dengan prioritas di atas hierarki jalan tingkat yang lebih tinggi. Manajemen lalu lintas meliputi perencanaan, pengaturan, pemantauan dan pengendalian kegiatan lalu lintas. (Haradongan 2020). Menurut (Peraturan Pemerintah Nomor 32 Tahun 2011 Tentang Manajemen dan Rekayasa, Analisis Dampak), disebutkan: "Pengelolaan dan rekayasa lalu lintas adalah serangkaian kegiatan dan kegiatan yang meliputi perencanaan, pengadaan, pemasangan, pengaturan, dan pemeliharaan peralatan jalan dalam rangka menciptakan, mendukung dan memelihara keselamatan meliputi, keamanan, ketertiban dan kelancaran lalu lintas."

### **3.2. Persimpangan Jalan**

Persimpangan merupakan bagian penting dari jaringan jalan. Persimpangan adalah simpul dalam jaringan transportasi di mana dua atau lebih jalan bertemu, dengan arus lalu lintas yang konflik. Untuk mengendalikan konflik ini, dibuat peraturan lalu lintas yang menentukan siapa yang berhak menggunakan persimpangan terlebih dahulu. Persimpangan dapat didefinisikan sebagai area umum di mana dua atau lebih jalan bertemu atau berpotongan. Ini termasuk jalan dan fasilitas pinggir jalan yang mengakomodasi lalu lintas di dalam jalan (MKJI, 1997).

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

### **3.3. Jenis Simpang**

Berdasarkan cara pengaturannya jenis persimpangan dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis (Morlok) yaitu:

1. Simpang jalan tanpa sinyal, yaitu simpang yang tidak memakai sinyal lalu lintas. Pada simpang ini pemakai jalan harus memutuskan apakah mereka cukup aman untuk melewati simpang atau harus berhenti dahulu sebelum melewati simpang tersebut.
2. Simpang jalan dengan sinyal, yaitu pemakai jalan dapat melewati simpang sesuai dengan pengoperasian sinyal lalu lintas, jadi pemakai jalan hanya boleh lewat pada saat sinyal lalu lintas menunjukkan warna hijau pada lengan sampingnya, yang dijadikan kriteria bahwa suatu persimpangan sudah harus dipasang alat pemberi isyarat lalu lintas.
3. Menurut Ditjen Perhubungan Darat, 1998 :
  - a. Arus minimal lalu lintas yang menggunakan persimpangan rata – rata diatas 750 kendaraan/jam, terjadi secara berkelanjutan 8 jam sehari.

- b. Waktu tunggu atau hambatan rata rata kendaraan di persimpangan melampaui 30 detik.
- c. Persimpangan digunakan oleh rata – rata lebih dari 175 pejalan kaki/jam terjadi secara berkelanjutan 8 jam sehari.
- d. Sering terjadi kecelakaan pada persimpangan yang bersangkutan.
- e. Pada daerah yang bersangkutan dipasang suatu sistem pengendalian lalu lintas terpadu (*Area Traffic Control / ATC*), sehingga setiap persimpangan yang termasuk di dalam daerah yang bersangkutan harus dikendalikan dengan alat pemberi isyarat lalu lintas.

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

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

### **3.4. Istilah Pengertian**

Definisi operasional variabel–variabel yang digunakan dalam analisis untuk memudahkan dalam penelitian diambil dari sumber buku. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) yang diterbitkan oleh Bina Marga tahun 1997 meliputi:

#### **1. Masalah**

Sesuatu atau persoalan yang harus diselesaikan atau dipecahkan.

#### **2. Panjang Antrian**

Panjang antrian didefinisikan sebagai banyaknya kendaraan yang antri pada mulut persimpangan pada saat lampu lalu lintas dalam

keadaan merah. Semakin panjang antrian yang terjadi, dapat dikatakan kinerja persimpangan makin buruk.

3. Tundaan

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melewati suatu persimpangan dibandingkan terhadap situasi bila tidak terdapat persimpangan. Semakin lama waktu tundaan rata – rata tiap kendaraan, kinerja persimpangan semakin buruk.

4. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan adalah perbandingan antara arus aktual dengan arus jenuh persimpangan atau rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekatan. Semakin mendekati angka 1,0 maka kinerja persimpangan semakin buruk.

5. Fase

Fase adalah suatu kondisi dari alat pemberi isyarat lalu lintas dalam satu waktu siklus yang memberikan hak jalan pada satu atau lebih gerakan lalu lintas tertentu.

6. Waktu Siklus (*Circle Time*)

Waktu siklus adalah waktu yang diperlukan untuk suatu urutan lengkap dari perintah–perintah lampu lalu lintas atau merupakan penjumlahan waktu dari keseluruhan tahap atau waktu yang dibutuhkan pada suatu fase dari saat lampu lalu lintas mulai menunjukkan warna hijau sampai kembali warna hijau kembali.

7. Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL)

APILL adalah perangkat peralatan lalu lintas yang menggunakan isyarat lampu untuk mengatur lalu lintas orang atau kendaraan di persimpangan atau ruas jalan.

8. Arus Berangkat Terlawan (tipe O)

Arus berangkat terlawan adalah keberangkatan dengan konflik antara gerak belok kanan dan gerak lurus / belok kiri dari bagian pendekatan dengan lampu hijau pada fase yang sama.

9. Arus Berangkat Terlindung (tipe P)

Arus berangkat terlindung adalah keberangkatan tanpa konflik antara gerakan lalu lintas belok kanan dan lurus.

10. Arus Jenuh (*Saturation Flow*)  
Arus jenuh adalah jumlah maksimum dari arus lalu lintas pada saat lampu lalu lintas menunjukkan warna hijau.
11. Belok Kiri (LT)  
Belok kiri adalah indeks untuk lalu lintas yang belok kiri.
12. Belok Kiri langsung (LTOR)  
Belok kiri langsung adalah indeks untuk lalu lintas belok kiri yang diijinkan lewat pada saat sinyal merah.
13. Kapasitas (C)  
Kapasitas adalah banyaknya kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu ruas jalan dalam periode waktu tertentu.
14. Persimpangan  
Persimpangan adalah simpul pada jaringan jalan dimana jalan–jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan.
15. Satuan Mobil Penumpang (SMP)  
Satuan mobil penumpang adalah satuan untuk arus lalu lintas dimana arus berbagai tipe kendaraan diubah menjadi arus kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan satuan mobil penumpang.
16. Tahap  
Tahap adalah bagian dari siklus apabila suatu kombinasi perintah sinyal tertentu adalah tetap hal ini dimiliki pada awal periode waktu kuning dan berakhir pada akhir dari periode hijau yang berikutnya.
17. Titik Konflik  
Titik konflik adalah titik pertemuan antara gerakan kendaraan dari kaki persimpangan yang satu dengan gerakan kendaraan dari persimpangan yang lain.
18. Waktu Hijau Antara (*Intergreen*)  
Waktu hijau antara adalah waktu antara berakhirnya isyarat hijau pada salah satu tahap dan dimulainya waktu hijau pada tahap berikutnya (terdiri dari waktu kuning ditambah dengan waktu merah bersama).

19. Waktu Hijau Efektif

Waktu hijau efektif adalah waktu hijau ditambah waktu kuning dikurangi waktu yang hilang.

20. Waktu Hilang (*Lost Time*)

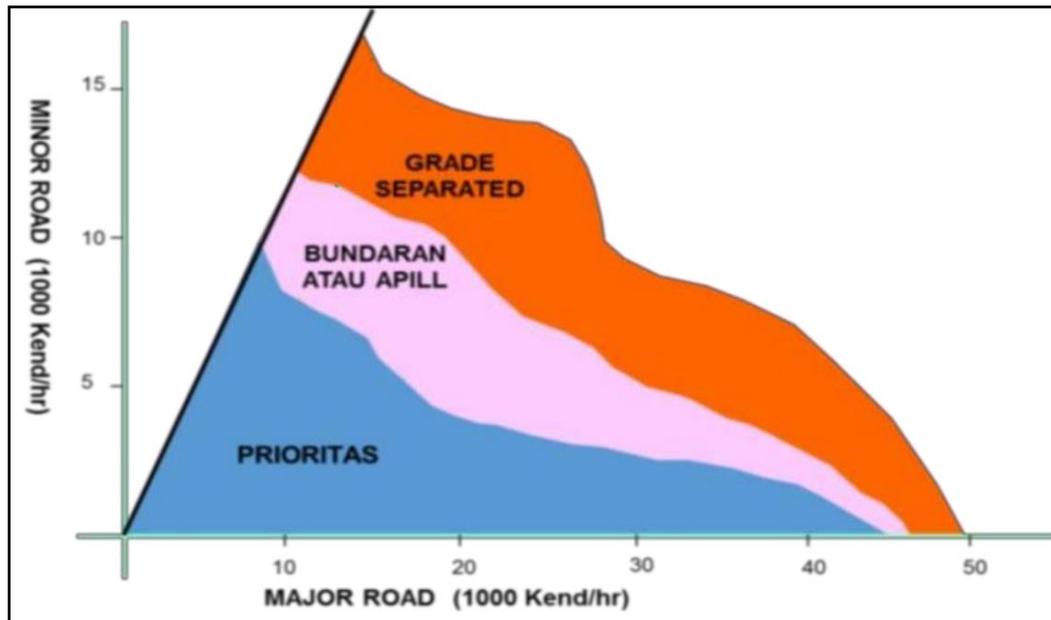
Waktu hilang adalah jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap. Waktu hilang dapat juga diperoleh dari beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau dalam semua fase yang berurutan.

### 3.5. **Penentuan Pengendalian Simpang Dan Jenis Konflik Pada Simpang**

Pada persimpangan yang menggunakan alat pemberi isyarat lalu lintas, konflik antar arus lalu lintas dikendalikan dengan isyarat lampu, konflik dapat dihilangkan dengan melepaskan hanya satu arus lalu lintas, tetapi akan mengakibatkan hambatan yang besar bagi arus-arus dari kaki-kaki persimpangan lainnya dan secara keseluruhan mengakibatkan penggunaan persimpangan tidak efisien.

Oleh karena itu perlu dipertimbangkan untuk mengalirkan beberapa arus bersamaan untuk mempertinggi efisiensi penggunaan persimpangan dengan tidak mengurangi perhatian pada aspek keselamatan (Direktorat Jendral Perhubungan Darat, 1996).

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



Sumber: Austrian Road Research Broad (ARBB)

**Gambar III. 1** Grafik Penentuan Pengendalian Simpang

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

$$LHR = VJP / K$$

**Rumus III. 1** LHR

Keterangan:

LHR = Lalu Lintas Harian Rata-rata

VJP = Volume Jam Perencanaan

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

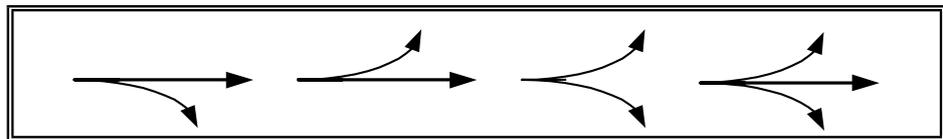
**Tabel III. 1** Hubungan LHR dan Volume Jam Tersibuk

Tipe kota dan jalan	Faktor persen K ( $K \times LHR = VJP$ )
Kota – kota > 1 juta penduduk	
• Jalan – jalan daerah komersial dan jalan arteri	• 7 – 8 %
• Jalan – jalan daerah pemukiman	• 8 – 9 %
Kota – kota < 1 juta penduduk	
• Jalan – jalan daerah komersial dan jalan arteri	• 8 – 10 %
• Jalan – jalan daerah pemukiman	• 9 – 12 %

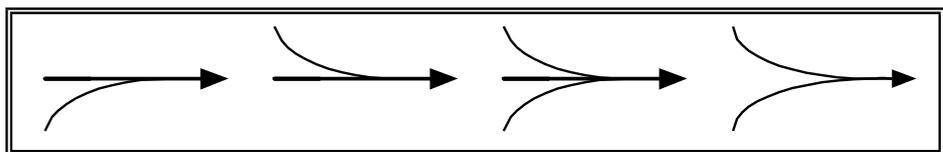
Sumber: MKJI 1997

Persimpangan juga dapat diartikan sebagai daerah umum dimana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan fasilitas didalamnya (AASHTO, 2001). Secara umum pergerakan kendaraan di persimpangan dapat dibedakan menjadi 4 jenis dasar dari alih gerak kendaraan yaitu:

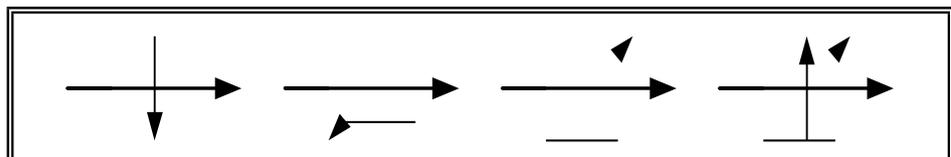
1. Berpencar (*Diverging*)



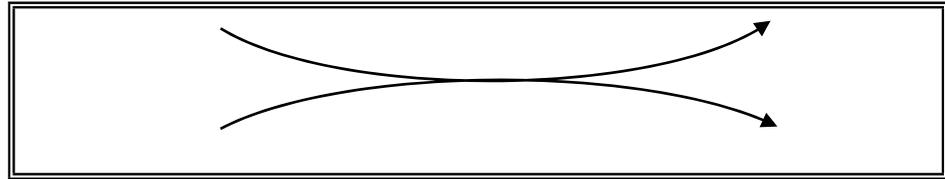
2. Menggabung (*Merging*)



3. Menyilang/Berpotongan (*Crossing*)



#### 4. Menggabung lalu berpencar (*Weaving*)



*Sumber : AASHTO, 2011*

#### **Gambar III. 2** Jenis Dasar Alih Gerakan Kendaraan

Dari keempat alih gerak tersebut, alih gerak yang berpotongan adalah lebih berbahaya dari pada alih gerak yang lain. Hal ini karena pada alih gerak yang berpotongan terjadi konflik.

Adapun jumlah konflik pada suatu persimpangan adalah tergantung pada:

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

#### 1. Simpang Bersinyal

##### a. Langkah dan dampak

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

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

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

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

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

- 1) Kehilangan waktu yang berlebihan pada pengemudi atau pejalan kaki
- 2) Pelanggaran terhadap indikasi sinyal umumnya sama seperti pemasangan khusus
- 3) Pengalihan lalu lintas pada rute yang kurang menguntungkan
- 4) Mengurangi frekuensi kecelakaan, terutama tumbukan bagian belakang kendaraan dengan pejalan kaki

Ada beberapa kinerja persimpangan bersinyal antara lain kapasitas, derajat kejenuhan, jumlah antrian, dan laju henti. Dapat kita lakukan untuk penghitungan simpang bersinyal menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.

## 2. Persimpangan Prioritas

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

## 3. Bundaran

Karena penelitian ini didasarkan dari desain geometrik di lokasi studi, maka perencanaan ulang desain geometrik bundaran berdasarkan Pedoman Perencanaan Bundaran untuk Persimpangan Sebidang memiliki ketentuan dalam konstruksi bundaran.

### a. Ketentuan Operasional

Pedoman perencanaan bundaran harus memperhatikan aspek sebagai berikut:

- 1) Kelancaran Lalu Lintas
- 2) Keselamatan Lalu Lintas
- 3) Ketersediaan lahan yang cukup
- 4) Efisiensi
- 5) Kemudahan akses bagi pejalan kaki dan penyandang cacat
- 6) Sosialisasi peraturan berlalu Lintas di bundaran kepada pengguna jalan

### b. Ketentuan perencanaan

- 1) Pulau bundaran
  - a) Bentuk geometri yang umum dipakai untuk pulau bundaran adalah lingkaran. Selain lingkaran, seperti bentuk oval, tidak disarankan
  - b) Pulau bundaran harus memberikan pandangan yang cukup bagi pengemudi untuk dapat

mengantisipasi kendaraan dari arah lengan pendekat lain. Penempatan obyek di dalam pulau bundaran harus memperhatikan jarak pandang jalur lingkaran dan jarak pandanghenti jalur lingkaran.

2) Radius masuk dan radius keluar

Radius masuk dan radius keluar bundaran ditentukan oleh persamaan berikut ini :

$$V = \sqrt{127 R(e + f)}$$

**Rumus III. 2** Persamaan Volume Radius Masuk dan Radius Keluar

Keterangan :

V = kecepatan rencana pada lengan pendekat ( km/h)

R = radius masuk/keluar (m)

e = superelevasi (0,02 – 0,03) (m/m)

f = koefisien gesek (*frikksi*) permukaan jalan

Koefisien gesek ditentukan berdasarkan fungsi dari kecepatan rencana, dengan mengacu kepada standar yang dikeluarkan oleh AASHTO.

**Tabel III. 2** Variasi Kecepatan Rencana Dan Radius Minimum Masuk Serta Keluar

No.	Kecepatan rencana pendekat (km/h)	Radius minimum masuk dan keluar (m)
1.	20	9
2.	25	15
3.	30	24
4.	35	36
5.	40	51
6.	45	70
7.	50	94

Sumber : Pedoman Perencanaan Bundaraan untuk Persimpangan Sebidang

### 3) Kelandaian dan superelevasi lengan pendekat

Kelandaian maksimum lengan pendekat dan daerah persimpangan bundaraan pada persimpangan sebidang adalah 4%.

### 4) Pulau pemisah (*splitter island*)

- a) Pulau pemisah harus tersedia di setiap lengan bundaran. Selain dipergunakan untuk membimbing kendaraan memasuki jalur lingkaran, pulau pemisah juga berfungsi sebagai "tempat pemberhentian (refuge)" bagi penyeberang jalan dan membantu mengendalikan kecepatan.
- b) Total panjang minimum dari pulau pemisah lebih kurang 15m.
- c) Meningkatkan lebar dari pulau pemisah secara signifikan akan memberikan kontribusi tingkat kecelakaan pada jalur lingkaran.

## 3.6. Teori Perhitungan

Dalam melakukan pengukuran kinerja lalu lintas pada kertas kerja wajib ini berdasar pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997). Dimana pengukuran kinerja lalu lintas yang dilakukan pada persimpangan. Analisis yang akan dilakukan di persimpangan meliputi jenis pengendalian yang di terapkan dan pengukuran kinerja persimpangan tanpa lampu lalu lintas.

### 1. Simpang Tidak Bersinyal

#### a. Arus Jenuh Dasar (Smp/jam)

Sebelum menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi nilai arus jenuh terlebih dahulu ditentukan dari banyaknya kaki simpang dan banyaknya lajur pada jalan utama dan jalan simpang pada simpang tersebut dengan kode tiga angka.

Untuk mengetahui tipe dari tiap-tiap simpang dan arus jenuh dasarnya dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel III. 3** Kode Simpang Berdasarkan Jumlah Kaki Simpang

Kode IT	Jumlah kaki simpang	umlah lajur jalan simpang	Jumlah lajur jalan utama	Arus jenuh dasar (smp/jam)
322	3	2	2	2.700
324	3	2	4	2.900
342	3	4	2	3.200
422	4	2	2	2.900
424	4	2	4	3.400

Sumber : MKJI 1997

b. Fw (Faktor Penyesuaian Lebar Masuk)

Faktor penyesuaian lebar masuk adalah faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar sehubungan dengan lebar masuk persimpangan jalan. Untuk menentukan lebar pendekat tiap-tiap simpang dapat ditentukan dengan menggunakan rumus tabel berikut ini.

**Tabel III. 4** Faktor Penyesuaian Lebar Masuk Berdasarkan Tipe

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

Sumber : MKJI, 1997

c. Fm

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

**Tabel III. 5** Faktor Penyesuaian Median

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

Sumber : MKJI, 1997

d. Fcs (Faktor Penyesuaian Ukuran Kota)

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

**Tabel III. 6** Faktor Penyesuaian Ukuran Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk

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

Sumber : MKJI, 1997

e. Frsu (Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan samping dan Kendaraan Tidak Bermotor)

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

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

Kelas Tipe Lingkungan Jalan	Kelas Hambatan samping	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
		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 /Renda	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

Sumber : MKJI, 1997

f. Frt (Faktor Penyesuaian Belok Kanan)

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

$$Prt = \frac{Qrt}{Qtot}$$

**Rumus III. 3** Rasio kendaraan belok kanan

*Sumber : MKJI 1997*

Keterangan :

Prt = Rasio kendaraan belok kanan

Qrt = Jumlah kendaraan belok kanan (smp/jam)

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

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

1. Lengan:

$$Frt = 1,09 - (0,922 \times Prt)$$

**Rumus III. 4** Faktor penyesuaian belok kanan

2. Lengan:

$$Frt = 1,00$$

*Sumber : MKJI, 1997*

g. Flt (Faktor Penyesuaian Belok Kiri)

Prosentase belok kiri ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Plt = \frac{Qlt}{Qtot}$$

**Rumus III. 5** Rasio Kendaraan Belok Kiri

*Sumber : MKJI, 1997*

Keterangan

Plt = Rasio kendaraan belok kiri

Qlt = Jumlah kendaraan belok kiri (smp/jam)

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

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

$$Flt = 0,84 + (1,61 \times plt)$$

**Rumus III. 6** Faktor Penyesuaian Belok Kiri

Sumber : MKJI, 1997

h. Fmi (Faktor Penyesuaian Arus Minor)

Prosentase arus minor ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Pmi = \frac{Qmi}{Qtot}$$

**Rumus III. 7** Persentase Arus Minor

Sumber : MKJI, 1997

Keterangan:

Plt = Rasio kendaraan arus minor

Qlt = Jumlah kendaraan arus minor (smp/jam)

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

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

**Tabel III. 8** Rumus Penyesuaian Arus 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
	$+0,595 \times p_{Mi}^2 + 0,595 \times p_{Mi} + 0,74$	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	$16,6 \times p_{Mi}^4 + 33,3 \times p_{Mi}^3 + 25,3 \times p_{Mi}^2 + 8,6 \times p_{Mi} + 1,95$	0,1-0,3
344	$1,11 \times p_{Mi}^2 + 1,11 \times p_{Mi} + 1,11$	0,3-0,5
	$+0,555 \times p_{Mi}^2 + 0,555 \times p_{Mi} + 0,69$	0,5-0,9

Sumber : MKJI, 1997

i. Kapasitas total simpang tidak bersinyal (C)

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

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

$$C = C_0 \times F_w \times F_m \times F_{cs} \times F_{rsu} \times F_{lt} \times F_{rt} \times F_{mi}$$

Keterangan :

$C_0$  = Kapasitas dasar (smp/jam)

$F_w$  = Faktor penyesuaian lebar masuk

$F_m$  = Faktor penyesuaian ukuran kota

$F_{cs}$  = Faktor koreksi ukuran kota

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

$F_{lt}$  = Faktor koreksi prosentase belok kiri

$F_{rt}$  = Faktor koreksi prosentase belok kanan

$F_{mi}$  = Faktor Penyesuaian Arus Minor

j. Derajat Kejenuhan ( $D_s$ )

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

$$D_s = Q/C$$

**Rumus III. 8** Derajat Kejenuhan

*Sumber : MKJI 1997*

- k. Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama (DT<sub>ma</sub>)

Jika  $DS < 0,6$

$$DT_{ma} = 1,8 + 5,8234 \times DS - (1-DS) \times 1,8$$

**Rumus III. 9** Tundaan Lalu Lintas Simpang

Jika  $DS > 0,6$

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

**Rumus III. 10** Tundaan Lalu Lintas Simpang

*Sumber : MKJI 1997*

- l. Tundaan Lalu Lintas Simpang (DT<sub>1</sub>)

jika  $DS < 0,6$

$$DT_1 = 2 + 8,2078 \times DS - (1-DS) \times 2$$

**Rumus III. 11** Tundaan Lalu Lintas jalan Mayor

Jika  $DS > 0,6$

$$DT_1 = 1,0504 / (0,2742 - 0,2042 \times DS) - (1 - DS) \times 2$$

**Rumus III. 12** Tundaan Lalu Lintas jalan mayor

*Sumber : MKJI, 1997*

- m. Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (DT<sub>mi</sub>)

$$DT_{mi} = \frac{Q_{tot} \times DT_1 - Q_{ma}}{Q_{mi}} \times DT_{ma}$$

**Rumus III. 13** Tundaan Lalu Lintas jalan minor

*Sumber : MKJI, 1997*

Keterangan:

$Q_{tot}$  = Jumlah arus kendaraan total (smp/jam)

$Q_{ma}$  = Jumlah arus kendaraan total jalan mayor (smp/jam)

$Q_{mi}$  = Jumlah arus kendaraan total jalan minor (smp/jam)

- n. Tundaan Geometrik Simpang (DG)

$$DG = (1 - DS) \times (Pt \times 6 + (1 - Pt) \times 3) + DS \times 4$$

**Rumus III. 14** Tundaan Geometrik Simpang

*Sumber : MKJI, 1997*

Keterangan:

Pt = Rasio belok total

o. Tundaan Simpang (D)

$$D = DT + DG$$

**Rumus III. 15** Tundaan Simpang

*Sumber : MKJI 1997*

p. Peluang Antrian (QP)

$$QP_{max} \% = 47,71 \times DS - 24,68 \times DS^2 + 56,47 \times DS^3$$

**Rumus III. 16** Peluang Antrian Simpang

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

**Rumus III. 17** Persentase peluang antrian maksimum

*Sumber : MKJI, 1997*

2. Simpang Bersinyal

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

Kapasitas total untuk seluruh lengan simpang adalah hasil perkalian antara kapasitas dasar (So) untuk kondisi tertentu (ideal) dan faktor- faktor koreksi (F), dengan memperhatikan kondisi sesungguhnya terhadap kapasitas. Pada simpang bersinyal perhitungan kapasitas dapat menggunakan rumus berikut ini:

$$S = So \times Fcs \times Fsf \times Fg \times Fp \times Flt \times Frt$$

**Rumus III. 18** Kapasitas Total/Arus Jenuh Simpang Bersinyal

*Sumber : MKJI, 1997*

Keterangan:

- So = Arus jenuh dasar (smp/jam)
- Fcs = Faktor koreksi ukuran kota
- Fsf = Faktor penyesuaian hambatan samping
- Fg = Faktor penyesuaian kelandaian
- Fp = Faktor penyesuain parkir
- Flt = Faktor koreksi prosentase belok kanan
- Frt = Faktor koreksi prosentase belok kanan

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

$$So = We \times 600$$

**Rumus III. 19** Arus Jenuh

*Sumber : MKJI, 1997*

Keterangan :

We = Lebar Efektif Jalan (m)

b. FCcs

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

**Tabel III. 9** Faktor Penyesuaian Kota

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

*Sumber : MKJI 1997*

c. Fsf

Faktor penyesuaian hambatan samping. Sebelum Menentukan penyesuaian hambatan samping terlebih dahulu

harus diketahui rasio kendaraan tak bermotor (Pum). Faktor penyesuaian dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

$$Pum = \frac{Qum}{Qtot}$$

**Rumus III. 20** Rasio Kendaraan Tak Bermotor

Sumber : MKJI, 1997

Keterangan:

Qum : Jumlah Kendaraan tak Bermotor (kend/jam)

Qtot : Jumlah Kendaraan total (kend/jam)

**Tabel III. 10** Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Lingkungan Jalan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,1	0,15	0,20	≥0,25
Komersial (COM)	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 (RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses terbatas (RA)	Tinggi/Sedang/Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

Sumber : MKJI 1997

- d. Fg (Faktor penyesuaian kelandaian)
- e. Fp ( Faktor Penyesuaian Parkir)
- f. Frt

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

$$Prt = \frac{Qrt}{Qtot}$$

**Rumus III. 21** Prosentase Belok Kanan

Sumber : MKJI, 1997

Keterangan :

$Prt$  = Rasio kendaraan belok kanan

$Qrt$  = Jumlah kendaraan belok kanan (smp/jam)

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

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

$$Frt = 1,0 + 0,26 \times Prt$$

**Rumus III. 22** Faktor Penyesuaian Belok Kanan

*Sumber : MKJI, 1997*

g.  $Flt$  (Faktor Penyesuaian belok kiri)

Prosentase belok kiri ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Plt = Qlt / Qtot$$

**Rumus III. 23** Persentase Belok Kiri

*Sumber : MKJI, 1997*

Keterangan:

$Plt$  = Rasio kendaraan belok kiri

$Qlt$  = Jumlah kendaraan belok kiri (smp/jam)

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

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

$$Flt = 1,0 - 0,16 \times Plt$$

**Rumus III. 24** Faktor Penyesuaian Belok Kiri

*Sumber : MKJI, 1997*

h. FR

Rasio Arus Lalu Lintas dengan arus jenuh

$$FR = \frac{Q}{S}$$

**Rumus III. 25** Rasio Arus Lalu Lintas

*Sumber : MKJI, 1997*

Keterangan:

Q = Arus Lalu Lintas (smp/jam)

S = Arus Jenuh (smp/jam)

i. IFR

Jumlah nilai FR paling tinggi dari setiap fase. Rumus:

$$IFR = \Sigma FR_{crit}$$

**Rumus III. 26** Jumlah Nilai FR Maksimal Setiap Fase

*Sumber : MKJI, 1997*

j. PR

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

$$PR = \frac{FR_{crit}}{IFR}$$

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

*Sumber : MKJI, 1997*

k. Cua

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

$$Cua = 1,5 \times LTI + 5 / 1 - IFR$$

**Rumus III. 28** Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian

*Sumber : MKJI, 1997*

l.  $g_i$

Waktu hijau.

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

**Rumus III. 29** Waktu Hijau

*Sumber : MKJI, 1997*

m.  $c$

Waktu siklus setelah penyesuaian .

$$c = \Sigma g + LTI$$

**Rumus III. 30** Waktu Siklus Setelah Penyesuaian

*Sumber : MKJI, 1997*

n.  $C$

Kapasitas simpang (smp/jam).

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

**Rumus III. 31** Kapasitas Simpang

*Sumber : MKJI, 1997*

o. Derajat Kejenuhan ( $D_s$ )

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

$$D_s = Q/C$$

**Rumus III. 32** Derajat Kejenuhan

*Sumber : MKJI, 1997*

p. panjang Antrian (QL)

Menentukan panjang antrian, terlebih dahulu harus menghitung jumlah kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ1) dan jumlah kendaraan yang datang pada

selama fase merah (NQ2) dengan menggunakan rumus-rumus berikut:

$$NQ1 = 0,25 \times C \times ((DS-1)^2 + \sqrt{((DS - 1)^2 + (8 \times (DS-0,5)) / C)}).$$

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

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

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

*Sumber : MKJI, 1997*

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

$$QL = NQ_{max} \times \frac{20}{We}$$

**Rumus III. 35** Panjang Antrian

*Sumber : MKJI, 1997*

Keterangan:

Nqmax = NQ maksimal setiap fase

We = lebar pendekat

q. Tundaan Lalu Lintas (*Delay*)

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

$$D_j = DT_j + DG_j$$

**Rumus III. 36** Tundaan Lalu Lintas

*Sumber : MKJI, 1997*

- r. Tundaan rata-rata lalu lintas.

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)} + \frac{NQ1 \times 3.600}{c}$$

**Rumus III. 37** Tundaan Rata-Rata Lalu Lintas

- s. Tundaan Geometri

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

$$DGj = (1 - psv) \times Ptx6 + (Psv \times 4)$$

**Rumus III. 38** Tundaan Geometri

*Sumber : MKJI, 1997*

- t. Angka Henti (NS)

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

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

**Rumus III. 39** Angka Henti

*Sumber : MKJI, 1997*

Dimana:

NS = Angka henti

NQ = Jumlah antrian

C = Waktu siklus (detik)

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

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

$$Nsv = Q \times NS$$

**Rumus III. 40** Jumlah Kendaraan Berhenti

Dimana:

Nsv = Jumlah kendaraan berhenti

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

NS = Angka henti

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

$$NStot = \sum NSv / Q \text{ tot}$$

**Rumus III. 41** Laju Henti Rata-Rata

Dimana:

Nstot = Laju henti rata – rata

$\sum NSv$  = Jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat

Q tot = Arus simpang total (kendaraan/jam)

**3.7. Tingkat Pelayanan Simpang**

Menurut (Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor Pm 96 Tahun 2015) Tingkat pelayanan pada persimpangan mempertimbangkan faktor tundaan dan kapasitas persimpangan. Terkait dengan tingkat pelayanan pada persimpangan dapat dilihat pada **Tabel III.11**.

**Tabel III. 11** Tingkat Pelayanan Persimpangan

Tingkat Pelayanan	Tundaan (det/smp)
A	< 5
B	5 – 15
C	15 – 25
D	25 – 45
E	45 – 60
F	> 60

*Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015*

### 3.8. Standarisasi

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

**Tabel III. 12** Penyesuaian SMP Kendaraan Pada Persimpangan

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

*Sumber : MKJI 1997*