

## **BAB III**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **3.1 Jalan**

Menurut Undang - Undang Nomor 2 Tahun (2022) tentang Perubahan Kedua Atas Undang nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan, Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian Jalan, termasuk bangunan penghubung, bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah, dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel, jalan lori, dan jalan kabel.

Adapun jenis jalan berdasarkan hak penggunaannya diantaranya:

- a. Jalan umum : Jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum
- b. Jalan khusus : Jalan yang dibangun oleh instansi badan usaha, perseorangan, atau kelompok masyarakat, untuk kepentingan sendiri.
- c. Jalan tol : Jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagian jalan nasional yang penggunaannya wajib membayar tol.

#### **3.2 Persimpangan**

##### **3.2.1 Pengertian Persimpangan**

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

Menurut Abubakar, dkk., (1995), persimpangan adalah simpul pada jaringan jalan dimana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan. Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan menggunakan ruang jalan pada persimpangan secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya. Persimpangan-persimpangan adalah merupakan faktor-

faktor yang paling penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan, khususnya di daerah perkotaan.

### 3.2.2 Jenis Simpang

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), pemilihan jenis simpang untuk suatu daerah sebaiknya berdasarkan pertimbangan ekonomi, pertimbangan keselamatan lalu lintas, dan pertimbangan lingkungan.

Menurut Morlok (1988), jenis simpang berdasarkan cara pengaturannya dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) jenis, 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 simpangnya.

Menurut Hariyanto (2004), dilihat dari bentuknya ada dua macam jenis persimpangan, yaitu:

1. Pertemuan atau persimpangan jalan sebidang, merupakan pertemuan dua ruas jalan atau lebih secara sebidang (tidak saling bersusun). Pertemuan jalan sebidang ada 4 (empat) macam, yaitu:
  - a. pertemuan atau persimpangan bercabang 3 (tiga),
  - b. pertemuan atau persimpangan bercabang 4 (empat),
  - c. pertemuan atau persimpangan bercabang banyak,
  - d. bundaran (rotary intersection).
2. Pertemuan atau persimpangan jalan tidak sebidang, merupakan persimpangan dimana dua ruas jalan atau lebih saling bertemu tidak

dalam satu bidang tetapi salah satu ruas berada di atas atau di bawah ruas jalan yang lain.

### 3.2.3 Simpang Tak Bersinyal

Menurut MKJI (1997), pada umumnya simpang tak bersinyal dengan pengaturan hak jalan (prioritas dari sebelah kiri) digunakan didaerah pemukiman perkotaan dan daerah pedalaman untuk persimpangan antara lokal dengan arus lalu lintas rendah, untuk persimpangan dengan kelas dan atau fungsi jalan yang berbeda, lalu lintas pada paling efektif apabila ukurannya kecil dan daerah konflik lalu lintasnya ditentukan dengan baik. Karena itu simpang ini sangat sesuai untuk persimpangan anatar jalan dua lajur tak terbagi. Simpang tak bersinyal dikategorikan menjadi:

1. Simpang tanpa pengontrol

Pada simpang ini terdapat hak utama berjalan (*right of way*) terlebih dahulu yang diberikan pada suatu jalan simpang tersebut. Bentuk simpang ini cocok pada simpang yang mempunyai volume arus lalu lintas rendah.

2. Simpang dengan prioritas

Simpang dengan prioritas memberi hak berjalan yang lebih kepada suatu jalan yang spesifik. Bentuk operasi ini dilakukan pada simpang dengan volume yang berbeda dan pada pendekat jalan yang mempunyai volume arus lalu lintas yang lebih rendah sebaiknya dipasang rambu.

3. Persimpangan dengan pembagian ruang

Simpang jenis ini memberikan prioritas yang sama dan gerakan yang berkesinambungan terhadap semua kendaraan yang berasal dari masing-masing lengan simpang. Arus kendaraan saling berjalan pada kecepatan relatif rendah dan dapat melewati persimpangan tanpa harus berhenti. Pengendalian simpang pada jenis ini dicontohkan dengan operasi bundaran dan daerah menjalin.

### 3.2.4 Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal adalah simpang yang diatur dengan lampu lalu lintas. Lampu lalu lintas didefinisikan sebagai semua peralatan pengatur lalu lintas yang menggunakan tenaga listrik kecuali lampu kedip (*flacher*), rambu, dan marka jalan untuk mengarahkan dan memperingatkan pengemudi kendaraan bermotor, pengendara sepeda atau pejalan kaki (Oglesby 1999).

Ukuran peningginya arus lalu lintas yaitu dari waktu tunggu rata-rata kendaraan pada saat melintasi simpang. Oleh karena itu, Munawar (2004:43) mengemukakan bahwa jika waktu tunggu rata-rata tanpa lalu lintas sudah lebih besar dari waktu tunggu rata-rata dengan lampu lalu lintas, maka perlu dipasang lampu lalu lintas.

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997), penggunaan sinyal lampu lalu lintas pada persimpangan dipergunakan untuk satu atau lebih alasan berikut:

1. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak.
2. Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk memotong jalan utama.
3. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah bertentangan.

## 3.3 Kinerja Simpang

### 3.3.1 Pengertian Kinerja Simpang

Kinerja adalah gambaran mengenai pencapaian pelaksanaan suatu kegiatan / program / kebijaksanaan dalam mewujudkan sasaran, tujuan, misi dan visi organisasi yang tertuang dalam perumusan skema strategis (*strategic planning*) suatu organisasi.

Kinerja simpang adalah hasil pencapaian simpang secara kualitas dan kuantitas yang dicapai oleh simpang dalam menampung volume lalu lintas yang melalui simpang tersebut, baik dari sisi geometrik serta mampu menampung volume lalu lintas dengan maksimal. (Heriyadi, 2018)

Menurut Tamin (2008), kinerja lalu lintas perkotaan dapat dinilai dengan menggunakan parameter lalu lintas sebagai berikut:

- a. Untuk ruas jalan dapat berupa V/C Ratio, kecepatan dan kepadatan lalu lintas.
- b. Untuk persimpangan dapat berupa tundaan dan kapasitas simpang.
- c. Jika tersedia, maka data kecelakaan lalu lintas juga dapat dipertimbangkan dalam mengevaluasi efektivitas sistem lalu lintas perkotaan.

Dalam meningkatkan kinerja suatu simpang, ada beberapa komponen yang menjadi tolak ukur yaitu kapasitas simpang, derajat kejenuhan, tundaan, dan panjang antrian.

### 3.3.2 Kapasitas Simpang

Kapasitas simpang dihitung pada masing-masing pendekatan, dengan menggunakan **rumus III. 1** berikut:

$$C = S \times \frac{g}{c}$$

*Sumber: MKJI, 1997*

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

Dimana:

C = Kapasitas (Smp/jam)

S = Arus Jenuh yang disesuaikan (smp/jam)

g = Waktu Hijau (detik)

c = Waktu Siklus

Sebelum menentukan faktor yang mempengaruhi nilai arus jenuh terlebih dahulu ditentukan tipe dari persimpangan tersebut. Tipe simpang di

tentukan dari banyaknya kaki simpang dan banyaknya jalur pada jalan utama dan jalan simpang pada simpang tersebut dengan kode tiga angka. Untuk mengetahui tipe dari masing-masing simpang dapat dilihat pada **Tabel III. 1** berikut ini:

**Tabel III. 1** Kode Tipe Simpang

Kode IT	Jumlah Kaki Simpang	Jumlah Lajur Jalan Simpang	Jumlah Lajur Jalan Utama
322	3	2	2
324	3	2	4
342	3	4	2
422	4	2	2
424	4	2	4

Sumber: MKJI, 1997

a. Kapasitas Dasar

Untuk menentukan kapasitas dasar suatu simpang dapat dilihat pada **Tabel III. 2** berikut ini:

**Tabel III. 2** Kapasitas Dasar Menurut Tipe Simpang

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

Sumber: MKJI, 1997

b. Faktor penyesuaian lebar masuk (Fw)

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

Untuk menentukan lebar pendekat masing-masing simpang dapat ditentukan dengan menggunakan rumus pada **Tabel III. 3** berikut ini:

**Tabel III. 3** Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat

No	Tipe Simpang	Rumus
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
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. Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama (Fm)

Faktor penyesuaian median jalan utama adalah faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar sehubungan dengan tipe median jalan utama. Faktor penyesuaian median jalan utama diperoleh dengan menggunakan **Tabel III. 4** berikut ini:

**Tabel III. 4** Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama

Uraian	Tipe Median	Faktor Koreksi Median, Fm
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Tidak ada median jalan utama	Tidak ada	1.00
Ada median jalan utama, lebar < 4 m	Sempit	1.05
Ada median jalan utama, lebar > 4 m	Lebar	1.20

Sumber: MKJI, 1997

d. Faktor penyesuaian ukuran kota (Fcs)

Faktor penyesuaian ukuran kota adalah faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar sehubungan dengan ukuran kota.

Untuk menentukan faktor penyesuaian ukuran kota dapat dilihat pada **Tabel III. 5** di bawah ini :

**Tabel III. 5** Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Kelompok Kota	Penduduk ( juta jiwa )	Fcs
1	2	3
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. Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (Frsu)

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 III. 6** berikut ini:

**Tabel III. 6** Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor

Kelas Tipe Lingkungan Jalan	Kelas Hambatan samping	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
		0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	> 0.25
1	2	3					
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: MKJI, 1997

f. Faktor penyesuaian belok kanan (Frt)

Faktor penyesuaian belok kanan adalah faktor penyesuaian kapasitas dasar akibat belok kanan.

Prosentase belok kanan ditentukan dengan menggunakan rumus

**III. 2** sebagai berikut :

$$\text{Prt} = \frac{Q_{rt}}{Q_{tot}}$$

Sumber: MKJI, 1997

**Rumus III. 2** Rasio Kendaraan Belok Kanan

Keterangan:

Prt = Rasio kendaraan belok kanan

Qrt = Jumlah kendaraan belok kanan (kend/jam)

Qtot = Jumlah total arus kendaraan pada kaki simpang tersebut (kend/jam)

Setelah diketahui Prt, kemudian dihitung Frt dengan melihat pada tabel atau dengan menggunakan **rumus III. 3** sebagai berikut:

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

Sumber: MKJI, 1997

### Rumus III. 3 Faktor Penyesuaian Belok Kanan

g. faktor penyesuaian belok kiri (Flt)

Prosentase belok kiri ditentukan dengan menggunakan **rumus**

**III. 4** sebagai berikut :

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

Sumber: MKJI, 1997

### Rumus III. 4 Faktor Penyesuaian Belok Kiri

Keterangan:

Plt = rasio kendaraan belok kiri

Qlt = jumlah kendaraan belok kiri (kend/jam)

Qtot = jumlah total arus kendaraan pada kaki persimpangan (kend/jam)

Setelah Plt diketahui, maka dapat diketahui Frt dengan melihat pada tabel atau dengan menggunakan **rumus III. 5** dibawah ini:

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

Sumber: MKJI, 1997

### Rumus III. 5 Faktor Penyesuaian Belok Kiri

#### 3.3.3 Derajat Kejenuhan (DS)

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), derajat kejenuhan adalah rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat. Derajat kejenuhan simpang tak bersinyal dapat dihitung dengan **rumus III. 7** dibawah ini:

$$DS = \frac{Q}{c}$$

Sumber: MKJI, 1997

### Rumus III. 6 Perhitungan Derajat Kejenuhan Simpang

Dimana:

DS = Kapasitas kejenuhan

Q = Arus total sesungguhnya (smp/jam)

C = Kapasitas sesungguhnya (smp/jam)

#### 3.3.4 Tundaan

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui suatu persimpangan yang terdiri dari:

- a. Tundaan Lalu Lintas Simpang (DT<sub>1</sub>) adalah tundaan lalu lintas, rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang. Tundaan lalu lintas simpang (DT<sub>1</sub>) untuk simpang tidak bersinyal dapat dihitung dengan **rumus III. 8** dibawah ini:

$$DT_1 = 2 + 8,2078^{DS} - (1 - DS)^2 \text{ untuk } DS < 0,6$$

$$DT_1 = \frac{1,0504}{(0,2742 - 0,2042^{DS})} - (1 - DS)^2 \text{ untuk } DS > 0,6$$

Sumber: MKJI, 1997

### Rumus III. 7 Perhitungan Nilai Tundaan Lalu Lintas Simpang

- b. Tundaan Lalu Lintas Utama (DT<sub>MA</sub>) adalah tundaan lalu lintas rata-rata semua kendaraan bermotor yang masuk persimpangan dari jalan utama. Tundaan lalu lintas jalan utama (DT<sub>MA</sub>) untuk simpang tidak bersinyal dapat dihitung dengan **rumus III. 9** dibawah ini:

$$DT_{MA} = 1,8 + 5,8234^{DS} - (1 - DS)^{1,8} \text{ untuk } DS < 0,6$$

$$DT_{MA} = \frac{1,05034}{(0,346 - 0,246^{DS})} - (1 - DS)^{1,8} \text{ untuk } DS > 0,6$$

Sumber: MKJI, 1997

**Rumus III. 8** Perhitungan Nilai Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama

- c. Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor ( $DT_{MI}$ ) adalah tundaan simpang rata-rata dan tundaan jalan utama rata-rata. Tundaan lalu lintas jalan minor ( $DT_{MI}$ ) untuk simpang tidak bersinyal dapat dihitung dengan **rumus III. 10** dibawah ini:

$$DT_{MI} = \frac{(Q_{tot} \times DT_1 \times Q_{MA} \times DT_{MA})}{Q_{MI}}$$

Sumber: MKJI, 1997

**Rumus III. 9** Perhitungan Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor

- d. Tundaan Geometrik Simpang (DG) adalah tundaan geometrik rata-rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk simpang. Tundaan lalu lintas jalan minor ( $DT_{MI}$ ) untuk simpang tidak bersinyal dapat dihitung dengan **rumus III. 10** dibawah ini:

$$DG = (1 - DS) \times (Pr \times 6 + (1 - Pr) \times 3 + DS \times 4) \text{ untuk } DS < 1,0$$

$$DG = 4 \text{ untuk } DS \geq 1,0$$

Sumber: MKJI, 1997

**Rumus III. 10** Perhitungan Tundaan Geometrik Simpang

Dimana:

DG = Tundaan Geometrik Simpang

DS = Derajat Kejenuhan

Pr = Rasio Belok Total

- e. Tundaan Simpang (D) untuk simpang tidak bersinyal dapat dihitung dengan **rumus III. 11** dibawah ini:

$$D = DG + DT_1$$

Sumber: MKJI, 1997

### Rumus III. 11 Perhitungan Tundaan Simpang

Dimana:

DG = Tundaan Geometrik Simpang

DT<sub>1</sub> = Tundaan Lalu Lintas Simpang

### 3.3.5 Panjang Antrian

Antrian menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekat simpang dan dinyatakan dalam kendaraan atau satuan mobil penumpang. Sedangkan panjang antrian didefinisikan sebagai panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat dan dinyatakan dalam satuan meter.

Jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ) dihitung sebagai jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ<sub>1</sub>) ditambah jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ<sub>2</sub>). Dapat dilihat pada **rumus III. 12** berikut ini:

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

dengan:

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

Jika DS > 0,5: selain dari itu NQ<sub>1</sub> = 0

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

Sumber: MKJI, 1997

### Rumus III. 12 Perhitungan Panjang Antrian

Dimana:

$NQ_1$  = 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 pendekatan tersebut (smp/det)

### 3.3.6 Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan persimpangan jalan adalah suatu kualitas perjalanan menggambarkan kondisi lalu lintas yang mungkin timbul pada suatu jalan akibat dari berbagai volume lalu lintas. Ukuran dari tingkat pelayanan suatu simpang bersinyal terhadap lalu lintas yang ada tergantung dari derajat kejenuhan dan tundaan kendaraan (MKJI, 1997).

Tingkat pelayanan jalan (level of service) umumnya digunakan sebagai ukuran dari pengaruh yang membatasi akibat peningkatan volume. Bertambahnya volume lalu lintas pada jalan akan menyebabkan semakin berkurangnya kecepatan dari kendaraan, kepadatan semakin meningkat dan keterlambatan serta keterbatasan semakin besar.

Setiap ruas jalan dapat digolongkan pada tingkat tertentu, yaitu antara A sampai F yang mencerminkan kondisinya pada kebutuhan atau volume pelayanan tertentu. Tingkat A berarti kondisi yang hampir ideal, tingkat E adalah kondisi lalu lintas sesuai kapasitasnya, dan tingkat F adalah kondisi arus terpaksa (forced flow).

#### a. Tingkat pelayanan A

- 1) Kondisi aliran arus bebas (free flow).
- 2) Volume lalu lintas rendah.
- 3) Kecepatan tinggi.

- 4) Kepadatan lalu lintas rendah.
- 5) Kecepatan kendaraan dikendalikan oleh keinginan pengemudi, batas kecepatan, dan kondisi fisik jalan.
- 6) Pengemudi dapat mempertahankan kecepatannya dengan sedikit atau tidak ada keterlambatan.

b. Tingkat pelayanan B

- 1) Arus lalu lintas stabil.
- 2) Kecepatan mulai dipengaruhi oleh keadaan lalu lintas.
- 3) Pengemudi masih mempunyai kebebasan beralasan untuk memilih kecepatan dan jalur.
- 4) Ada pengurangan kecepatan tetapi masih beralasan.
- 5) Batas-batas terendah kecepatan pada tingkatan ini biasanya dipakai untuk perencanaan jalan-jalan luar kota.

c. Tingkat pelayanan C

- 1) Masih di daerah aliran tetap.
- 2) Kecepatan perjalanan dan kebebasan bergerak sudah dipengaruhi oleh besarnya volume lalu lintas.
- 3) Pengemudi dibatasi kebebasannya untuk memilih kecepatan, berganti jalur atau menyiapkan.
- 4) Tingkat ini sesuai untuk perencanaan jalan di dalam kota.

d. Tingkat pelayanan D

- 1) Mendekati arus lalu lintas tidak stabil.
- 2) Kecepatan yang layak masih dapat dipertahankan tetapi keterbatasan terhadap arus lalu lintas menyebabkan kecepatan menurun.
- 3) Kenyamanan pengemudi relatif lebih rendah karena kebebasan bergerak agak kecil.

e. Tingkat pelayanan E

- 1) Arus lalu lintas tidak stabil.
- 2) Kecepatan kendaraan berkisar 50 km/jam.
- 3) Volume kira-kira sama dengan kapasitas jalan.
- 4) Kendaraan sering berhenti pada waktu tertentu.
- 5) Kemampuan bergerak sangat terbatas.

f. Tingkat pelayanan F

- 1) Tingkat ini menghasilkan operasional aliran terpaksa (forced flow operation).
- 2) Kecepatan sangat rendah.
- 3) Volume lebih kecil dari kapasitas.
- 4) Terbentuk antrian kendaraan atau kemacetan total.

Sedangkan menurut (MKJI,1997) tidak membagi tingkat pelayanan A sampai F, tetapi hanya melihat tingkat kinerja simpang dengan syarat kriteria  $DS < 0,85$ . Tingkat pelayanan tidak dapat dihitung secara kuantitatif tetapi dilihat secara kualitatif. Tiap-tiap negara berbeda dalam menilai tingkat pelayanan disebabkan karena perbedaan situasi dan kondisi tiap negara. Untuk menentukan tingkat kinerja pada persimpangan tempat penelitian ini ditinjau dari nilai DS. Jika didapatkan  $DS > 0,85$  maka perlu dilakukan perencanaan ulang. Rata-rata tundaan dipakai untuk menentukan tingkat pelayanan tiap pendekat (*approach*). Terkait dengan tingkat pelayanan pada persimpangan bersinyal dapat dilihat pada **Tabel III. 7** berikut:

**Tabel III. 7** Hubungan Tingkat Pelayanan dengan Tundaan

No	Penundaan per Kendaraan (detik)	Tingkat Pelayanan
1	<5	A
2	5 – 15	B

No	Penundaan per Kendaraan (detik)	Tingkat Pelayanan
3	15 – 25	C
4	25 – 40	D
5	40 – 60	E
6	>60	F

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No.96 Tahun 2015

### 3.4 Perhitungan Persimpangan Bersinyal

Ada beberapa kinerja persimpangan bersinyal antara lain kapasitas, derajat kejenuhan, jumlah antrian, dan laju henti. Berikut ini akan di berikan teori penghitungan simpang bersinyal.

#### 3.4.1 Arus Jenuh (S)

Besarnya keberangkatan antrian di dalam suatu pendekatan selama kondisi tertentu. Untuk penghitungan arus jenuh adalah dengan mengalikan semua faktor yang mempengaruhi dengan menggunakan **rumus III. 14** berikut ini:

$$S = S_o \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_g \times F_p \times F_{rt} \times F_{lt}$$

Sumber: MKJI, 1997

#### Rumus III. 13 Arus Jenuh

Keterangan:

- S = arus jenuh
- S<sub>o</sub> = arus jenuh dasar
- F<sub>cs</sub> = faktor penyesuaian ukuran kota
- F<sub>sf</sub> = faktor penyesuaian hambatan samping
- F<sub>g</sub> = faktor penyesuaian kelandaian
- F<sub>p</sub> = faktor penyesuaian parkir

Frt = faktor penyesuaian kendaraan belok kanan

Flt = faktor penyesuaian kendaraan belok kiri

a. Arus Jenuh Dasar (So)

Untuk menghitung nilai arus jenuh dasar dapat di tentukan dengan **rumus**

**III. 15** berikut ini:

$$So = 600 \times We$$

*Sumber: MKJI, 1997*

**Rumus III. 14** Arus Jenuh Dasar

Keterangan :

We = Lebar masuk suatu pendekat ( meter )

b. Faktor penyesuaian ukuran kota (Fcs)

Untuk faktor penyesuaian ukuran kota pada penghitungan arus jenuh sama dengan faktor penyesuaian pada penghitungan kapasitas dapat dilihat pada **Tabel III. 9** sebagai berikut:

**Tabel III. 8** Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Penduduk kota ( Juta jiwa )	Faktor Penyesuaian Ukuran kota (Fcs)
>3.0	1.05
1.0 – 3.0	1.00
0.5 – 1.0	0.94
1.0 – 0.5	0.83
< 0.1	0.82

*Sumber: MKJI, 1997*

c. Faktor Penyesuaian Gesekan Samping (Fsf)

Untuk faktor penyesuaian gesekan samping pada penghitungan arus jenuh dapat di lihat pada **Tabel III. 9** berikut:

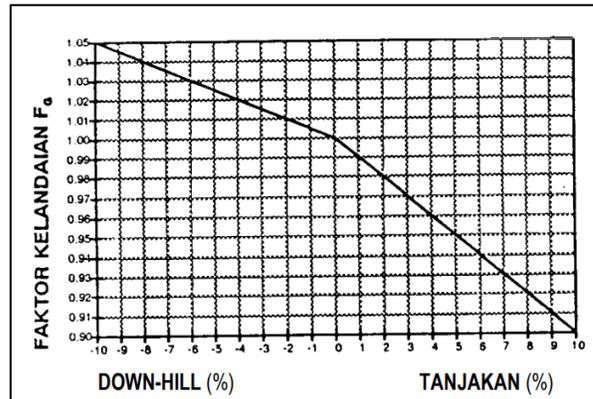
**Tabel III. 9** Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1	2	3	4					
Komersial (com)	tinggi	terlawan	0.93	0.88	0.84	0.79	0.74	0.70
	tinggi	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
	sedang	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
	rendah	terlindung	0.95	0.93	0.90	0.89	0.87	0.83
Permukiman (res)	tinggi	terlawan	0.96	0.91	0.86	0.81	0.78	0.72
	tinggi	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
	sedang	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
	rendah	terlindung	0.98	0.96	0.94	0.91	0.88	0.86
Akses	tinggi/sedang/rendah	terlawan	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75
Terbatas	tinggi/sedang/rendah	terlindung	1.00	0.98	0.95	0.93	0.90	0.88

Sumber: MKJI, 1997

d. Faktor Penyesuaian Kelandaian (Fg)

Untuk menentukan faktor penyesuaian kelandaian digunakan grafik faktor kelandaian terlihat pada **gambar III. 1** berikut:



Sumber: MKJI, 1997

**Gambar III. 1** Grafik Faktor Ke landaian

e. Faktor Penyesuaian Parkir (Fp)

Faktor penyesuaian parkir disesuaikan dengan menggunakan gambar grafik sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai kendaraan yang di parkir pertama. Faktor penyesuaian parkir juga dapat dihitung dengan menggunakan **rumus III. 15** berikut, yang mencakup pengaruh panjang waktu hijau:

$$F_p = [ (L_p / 3 - (w_a - 2)) \times (L_p / 3 - g) / w_a ] / g$$

Sumber : MKJI, 1997

**Rumus III. 15** Faktor Penyesuaian Parkir

Keterangan :

L<sub>p</sub> = jarak antar garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama

W<sub>a</sub> = lebar pendekat

g = waktu hijau pada pendekat

- f. Faktor Penyesuaian Belok Kiri (Flt)

Di tentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri, dapat dilihat pada **rumus III. 16** sebagai berikut:

$$Flt = 1.0 - Plt \times 0.16$$

*Sumber: MKJI, 1997*

**Rumus III. 16** Faktor Penyesuaian Belok Kiri

Sedangkan dalam pendekatan-pendekat terlawan (tipe O) pada umumnya lebih lambat, maka tidak diperlukan penyesuaian untuk pengaruh rasio belok kiri. (MKJI, 1997)

- g. Faktor Penyesuaian Belok Kanan (Frt)

Di tentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan (hanya untuk pendekatan tipe P, tanpa median, jalan dua arah), dapat dilihat pada **rumus III. 17** berikut ini:

$$Frt = 1.0 + Prt \times 0.26$$

*Sumber : MKJI, 1997*

**Rumus III. 17** Faktor Penyesuaian Belok Kanan

Jadi untuk Frt 4 lengan sama dengan 1 karena Prt sama dengan 0.

- h. Waktu Siklus ( c )

Untuk menentukan besarnya waktu siklus yang diperlukan oleh suatu persimpangan dapat dihitung dengan menggunakan **rumus III. 18** berikut ini :

$$C = \frac{(1,5 LTI + 5)}{(1 - \sum FR_{crit})}$$

*Sumber : MKJI, 1997*

**Rumus III. 18** Waktu Siklus

Keterangan :

C = waktu siklus sinyal ( detik )

LTI = jumlah waktu hilang per siklus (detik)  
 FR = Arus dibagi dengan arus jenuh (Q/S)  
 FRcrit = nilai FR tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal  
 E(FRcrit) = rasio arus simpang = jumlah FRcrit dari semua fase pada siklus tersebut

i. Waktu Hijau (  $g_i$  )

Kinerja suatu simpang bersinyal pada umumnya lebih peka terhadap kesalahan – kesalahan dalam pembagian waktu hijau daripada terhadap terlalu panjangnya waktu siklus. Penyimpangan kecilpun dari rasio hijau (  $g/c$  ) yang ditentukan menghasilkan bertambah tingginya tundaan rata – rata pada simpang tersebut.

Untuk menghitung nilai waktu hijau dapat ditentukan dengan menggunakan **rumus III. 19** berikut ini:

$$g_i = (c - LTI) \times FR_{crit} / L (FR_{crit})$$

*Sumber: MKJI, 1997*

**Rumus III. 19** Waktu Hijau

Keterangan :

$g_i$  = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)

Cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus

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

IFR = Rasio arus simpang  $\sum (FR_{crit})$

j. Waktu siklus yang disesuaikan

Dihitung berdasarkan waktu hijau yang diperoleh dan telah dibulatkan dan waktu hilang (LTI). Dihitung dengan **rumus III. 20** berikut ini :

$$c = \Sigma g + LTI$$

*Sumber: MKJI, 1997*

**Rumus III. 20** Waktu Siklus yang Disesuaikan

#### 3.4.2 Kapasitas (C)

Untuk penghitungan kapasitas pada masing-masing pendekat di gunakan **rumus III. 21** berikut :

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

*Sumber : MKJI, 1997*

**Rumus III. 21** Kapasitas

#### 3.4.3 Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan merupakan rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat. Derajat kejenuhan ini dapat dihitung dengan menggunakan **rumus III. 22** berikut:

$$DS = Q/C$$

*Sumber : MKJI, 1997*

**Rumus III. 22** Perhitungan Derajat Kejenuhan Simpang

#### 3.4.4 Panjang Antrian

Hasil perhitungan derajat kejenuhan digunakan untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. Untuk derajat kejenuhan,  $DS > 0,5$  maka penghitungan jumlah antrian menggunakan **rumus III. 23** berikut ini :

$$NQ1 = 0.25 \times C \times \left\{ (DS-1) + \sqrt{(DS-1)^2 + \frac{8 \times (DS-0.5)}{C}} \right\}$$

Sumber : MKJI, 1997

**Rumus III. 23** Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya.

Sedangkan untuk nilai  $DS \leq 0,5$   $NQ1 = 0$

$NQ1$  = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

Untuk menentukan jumlah antrian yang datang selama fase merah digunakan **rumus III. 24** sebagai berikut ini:

$$NQ2 = c \times \frac{1 - GR}{(1 - GR) \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

Sumber : MKJI, 1997

**Rumus III. 24** Jumlah smp yang Datang Selama Fase Merah

$NQ2$  = jumlah smp yang datang selama fase merah

Untuk mendapatkan berapa jumlah antrian total yaitu dihitung dengan cara menjumlahkan jumlah antrian yang pertama dengan jumlah antrian yang kedua dengan **rumus III. 25** sebagai berikut.

$$NQ = NQ1 + NQ2$$

Sumber : MKJI, 1997

**Rumus III. 25** Jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau

Panjang antrian di hitung dengan mengalikan  $NQ$  maks dengan luas rata – rata yang dipergunakan per smp. Luas rata – rata yang digunakan adalah 20 m<sup>2</sup>. Rumus yang digunakan untuk menghitung panjang antrian menggunakan **rumus III. 26** sebagai berikut:

$$QL = \frac{(NQ \text{ max } \times 20)}{We}$$

Sumber: MKJI, 1997

### Rumus III. 26 Panjang Antrian

Keterangan :

QL = Panjang antrian ( m )

Menurut MKJI,1997, NQ maks dapat di cari dengan menggunakan grafik *probability over loading* ( Pol ) / peluang pembebanan lebih. Untuk laju henti masing-masing pendekatan yang di definisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian) dapat dihitung dengan menggunakan **rumus III. 27** berikut ini:

$$NS = 0.9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

Sumber: MKJI, 1997

### Rumus III. 27 Angka Henti

Keterangan :

NS = laju henti ( stop/smp )

NQ = jumlah antrian ( smp )

Q = arus lalu lintas ( smp/jam )

c = waktu siklus yang disesuaikan ( detik )

Setelah menghitung laju henti, untuk menghitung jumlah kendaraan terhenti ( Nsv ) masing-masing pendekatan dapat di hitung dengan menggunakan **rumus III. 28** sebagai berikut ini:

$$Nsv = Q \times NS$$

Sumber: MKJI, 1997

### Rumus III. 28 Jumlah Kendaraan Terhenti

### 3.4.5 Tundaan ( D )

Setiap pendekatan tundaan lalu lintas rata-rata ditimbulkan akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan lainnya pada simpang. Untuk menghitung tundaan lalu lintas rata-rata dapat di hitung dengan menggunakan **rumus III. 30** berikut ini:

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

Sumber : MKJI, 1997

#### **Rumus III. 29** Tundaan

Keterangan:

DT = Tundaan lalu lintas rata-rata (det/smp)

c = waktu siklus yang disesuaikan (det)

GR = rasio hijau (g/c)

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

C = kapasitas (smp/jam)

Yang mana

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

Tundaan geometrik pada masing-masing kaki simpang di hitung dengan menggunakan **rumus III. 31** berikut

$$DGJ = (1 - Psv) \times Pt \times 6 + (Psv \times 4)$$

Sumber : MKJI, 1997

#### **Rumus III. 30** Tundaan Geometrik

Dimana :

DG : Tundaan geometrik rata - rata untuk pendekatan j  
(det/jam)

Psv : Rasio kendaraan terhenti pada pendekatan = Min (NS,1)

Pt : Rasio kendaraan berbelok pada pendekatan

Tundaan rata – rata di hitung dengan menggunakan **rumus III. 31** berikut:

$$D = DT + DG$$

**Rumus III. 31** Tundaan Rata-rata

Dimana :

D : Tundaan rata – rata

DT : Tundaan Lalu Lintas

DG : Tundaan geometrik

Tundaan rata – rata untuk seluruh simpang di hitung dengan menggunakan **rumus III. 33** berikut:

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

*Sumber : MKJI, 1997*

**Rumus III. 32** Tundaan Rata-rata Seluruh Simpang

### 3.5 Pengendalian Lalu Lintas Pada Persimpangan

Dalam Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 1995 tentang Pedoman Pelaksanaan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas, pengendalian lalu lintas pada persimpangan berupa:

- a. Pengendalian dengan simpang prioritas;
- b. Pengendalian dengan simpang bersinyal;
- c. Pengendalian dengan simpang bersinyal yang dilengkapi dengan aturan belok kiri langsung;
- d. Pengendalian dengan simpang bersinyal otomatik;
- e. Pengendalian simpang dengan sistem APILL terkoordinasi (Area Traffic Control System);
- f. Pengendalian simpang dengan bundaran;

- g. Pengendalian simpang dengan penerapan marka kotak kuning di persimpangan; dan/atau
- h. Pengendalian simpang dengan penyediaan ruang henti khusus sepeda motor di persimpangan.

Selain Teknik-teknik pengendalian lalu lintas di persimpangan di atas, dimungkinkan juga untuk menerapkan Teknik-teknik pengendalian lalu lintas di persimpangan lainnya. Teknik-teknik pengendalian lalu lintas di persimpangan yang akan diterapkan harus memperhatikan kelancaran dan keselamatan lalu lintas serta kebijakan transportasi secara umum.

Pengendalian Dengan Simpang Bersinyal

Pengendalian dengan simpang ber-APIILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) dapat dilakukan paling sedikit memenuhi persyaratan:

- 1) Volume lalu lintas yang memasuki persimpangan rata-rata di atas 750 kendaraan/jam selama 8 jam;
- 2) Waktu menunggu (delay) rata-rata kendaraan di persimpangan di atas 30 detik;
- 3) Rata-rata jumlah pejalan kaki yang menyeberang di atas 175 pejalan kaki/jam selama 8 jam/hari;
- 4) Jumlah kecelakaan di atas 5 kecelakaan/tahun.

Pengendalian dengan simpang bersinyal sekurang-kurangnya dilengkapi dengan APIILL, marka dan rambu peringatan. Untuk penyampaian informasi lalu lintas dan sosialisasi ketertiban lalu lintas dan keselamatan *Display Information System* (DIS).

### **3.6 Pengaturan Persimpangan**

Menurut Nursalam (2009) dalam Manajemen Persimpangan, pemilihan metode pengaturan persimpangan tergantung pada besarnya arus lalu lintas dan keselamatan. Jenis pengaturan persimpangan yaitu:

### 3.6.1 Persimpangan Prioritas yang diatur dengan bundaran

Pada umumnya persimpangan yang tidak dilengkap dengan alat pemberi isyarat lalu lintas atau *traffic light* dapat disebut dengan persimpangan prioritas. Pengaturan pada persimpangan prioritas mengandalkan secara utuh pengetahuan dan kepedulian pemakai jalan tentang aturan hukum pemberian prioritas di persimpangan. Jenis persimpangan ini bersifat sederhana dan mengandalkan kepatuhan pengguna jalan terhadap aturan pemberian prioritas untuk berjalan dulu bagi suatu arus lalu lintas.

Persimpangan prioritas yang diatur dengan bundaran (*round about*) adalah salah satu bentuk persimpangan dengan menerapkan sistem prioritas. Berbeda dengan persimpangan prioritas lainnya, aturan prioritas pada *round about* adalah memberikan prioritas untuk berjalan duluan kepada arus lalu lintas yang datang dari arah kanan. Disamping untuk mengatur giliran berjalan atau prioritas kepada arus lalu lintas, bundaran juga digunakan untuk memperlambat kecepatan kendaraan pada suatu ruas jalan. Bundaran cocok digunakan untuk persimpangan yang belum cukup padat. Sebab apabila dipaksakan untuk persimpangan dengan volume yang relatif tinggi maka akan terjadi "arus menganci" pada persimpangan tersebut. Dalam beberapa kasus persimpangan yang diatur dengan bundaran juga dilengkapi dengan alat pemberi isyarat lalu lintas.

### 3.6.2 Persimpangan dengan Sinyal

Persimpangan yang diatur dengan sinyal Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL)/*traffic light* adalah persimpangan yang umum digunakan di negara-negara manapun didunia. Persimpangan yang diatur dengan APILL ini digunakan untuk persimpangan yang memiliki volume lalu lintas kendaraan yang sedang dan mendekati padat atau jenuh. Pada dasarnya pengaturan persimpangan dengan menggunakan APILL adalah membagi waktu lampu lalu lintas yang disebut dengan waktu siklus (*Cycle time*) kedalam kelompok-kelompok arus lalu lintas yang disebut dengan fase (*phase*). Waktu siklus

maksimal biasanya adalah 120 detik yang dibagi-bagi menjadi waktu lampu hijau, lampu merah dan lampu kuning untuk setiap fase. Lama lampu kuning standar berkisar antara 2-3 detik yang ditempatkan sebelum lampu merah atau sesudah lampu hijau dan sesudah lampu merah atau sebelum lampu hijau. Besaran waktu hijau untuk masing-masing fase ditentukan oleh besaran volume lalu lintas pada kelompok fase tersebut. Perhitungan besaran *cycle time*, waktu hijau dan waktu merah untuk masing-masing fase dilakukan dengan menggunakan rumus matematis yang relatif sederhana. Hasil perhitungan ini kemudian dimasukkan kedalam program komputer yang ada pada peralatan elektronik peralatan elektronik APILL untuk kemudian dioperasikan menjadi lampu merah, kuning dan hijau secara bergantian.

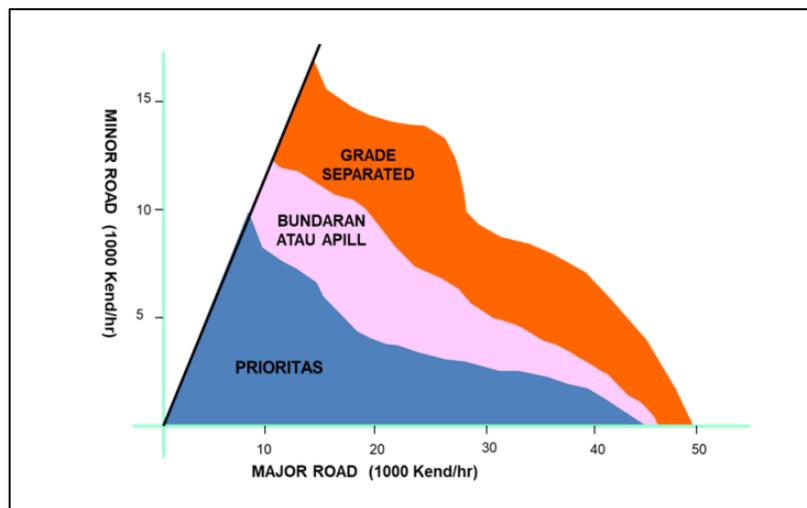
### 3.6.3 Persimpangan Tidak Sebidang

Persimpangan tidak sebidang adalah bentuk pengaturan yang ideal suatu persimpangan. Pengaturan jenis ini digunakan untuk persimpangan dengan volume lalu lintas yang tinggi atau untuk ruas jalan dengan kecepatan rencana tinggi seperti jalan bebas hambatan atau jalan tol. Prinsip pengaturan persimpangan tidak sebidang adalah mengendalikan persimpangan dengan jalan meminimalisir jumlah titik konflik sekecil mungkin khususnya untuk jenis titik konflik "berpotongan" (*crossing*).

### 3.6.4 *Fly Over*

Persimpangan dengan pengaturan *fly over* adalah memisahkan bidang jalan yang satu dengan yang lainnya dengan cara mengangkat satu bidang jalan tertentu sehingga berada diatas bidang jalan yang lain. Pemisahan bidang jalan ini secara teoritis dapat mengurangi atau bahkan menghilangkan titik konflik berpotongan. Namun yang menjadi masalah pada umumnya *fly over* tidak memberikan kesempatan bagi arus belok kiri maupun kanan, sehingga untuk arus yang akan berbelok kiri harus menggunakan badan jalan bagian bawah yang masih dibantu dengan pengaturan APILL.

Dalam sistem pengendalian persimpangan dapat menggunakan pedoman pada gambar penentuan pengendalian persimpangan yang digunakan berdasarkan volume lalu lintas pada masing-masing kaki simpangnya, metode pengendalian pergerakan kendaraan pada persimpangan diperlukan agar kendaraan-kendaraan yang melakukan gerakan tidak akan saling bertabrakan. Berikut **gambar III. 2** yang merupakan grafik penentuan pengendalian persimpangan:



**Gambar III. 2** Grafik Penentuan Pengendalian Simpang