

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian lalu lintas

Lalu lintas adalah suatu sistem yang terdiri dari komponen – komponen. Komponen utama yang pertama atau suatu sistem head way (waktu antara dua kendaraan yang berurutan ketika melalui sebuah titik pada suatu jalan) meliputi semua jenis prasarana infrastruktur dan sarana dari semua jenis angkutan yang ada, yaitu : jaringan jalan, pelengkap jalan, fasilitas jalan, angkutan umum dan pribadi, dan jenis kendaraan lain yang menyelenggarakan proses pengangkutan, yaitu memindahkan orang atau bahan dari suatu tempat ketempat yang lain yang dibatasi jarak tertentu (Sumarsono, 1996). Menurut Undang – Undang No. 22 Tahun 2009 tentang lalu lintas, didefinisikan gerak kendaraan dan orang di ruang lalu lintas jalan. Ruang lalu lintas jalan adalah prasarana yang diperuntukan bagi gerak pindah kendaraan, orang, dan atau barang yang berupa jalan dan fasilitas penumpang.

2.1.1. Karakteristik lalu lintas

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, karakteristik lalu-lintas meliputi :

1. Satuan mobil penumpang (smp)

Satuan mobil penumpang adalah satuan arus lalu lintas dari berbagai tipe kendaraan yang diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan faktor emp.

2. Ekivalen mobil penumpang (*emp*)

Ekivalen mobil penumpang adalah faktor dari berbagai tipe kendaraan sehubungan dengan keperluan waktu hijau untuk keluar dari antrian apabila dibandingkan dengan sebuah kendaraan ringan (untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan yang sisanya sama, $emp = 1,0$)

3. Arus berangkat terlawan (*type O*)

Keberangkatan dengan konflik antara gerak belok kanan dan gerak lurus/belok kiri dari bagian pendekat dengan lampu hijau pada fase yang sama.

4. Arus berangkat terlindung (*type P*)

Keberangkatan tanpa konflik antara gerakan lalu lintas belok kanan dan lurus.

5. Belok kiri (*LT*)

Indeks untuk lalu lintas yang belok kiri.

6. Belok kiri langsung (*LTOR*)

Indeks untuk lalu lintas belok kiri yang diijinkan lewat pada saat sinyal merah.

7. Lurus (*ST*)

Indeks untuk lalu lintas yang lurus

8. Belok kanan (*RT*)

Indeks untuk lalu lintas yang belok kekanan.

9. Arus lalu lintas (*Q*)

Jumlah unsur lalu lintas yang melalui titik tak terganggu di hulu, pendekatan persatuan waktu (sebagai contoh : kebutuhan lalu lintas kend/jam ; smp/jam).

10. Arus jenuh (S)

Besarnya keberangkatan antrian di dalam suatu pendekatan selama kondisi yang ditentukan (smp/jam hijau).

11. Derajat kejenuhan (DS)

Rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekatan (Q_{xc}/S_{xg}).

12. Kapasitas (C)

Arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan (sebagai contoh, untuk bagian pendekatan j : $C_j = S_j \times g_j / c$; kend/jam, smp/jam).

13. Tundaan (D)

Waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui suatu simpang. Tundaan terdiri dari tundaan lalu lintas (DT) dan tundaan geometri (DG). DT adalah waktu menunggu yang disebabkan interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang bertentangan. DG adalah disebabkan oleh perlambatan dan percepatan kendaraan yang membelok disimpangan dan/atau yang terhenti oleh lampu merah.

2.1.2. Volume lalu lintas

Volume lalu lintas adalah banyaknya kendaraan yang melewati suatu titik atau garis tertentu pada suatu penampang melintang jalan. Data pencacahan volume lalu lintas adalah informasi yang diperlukan untuk fase perencanaan, desain, manajemen sampai pengoperasian jalan (Sukirman 1994).

Menurut Sukirman (1994), volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titi pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar jalur, satuan volume lalu lintas yang umum dipergunakan adalah lalu lintas harian rata-rata, volume jam perencanaan dan kapasitas. Jenis kendaraan dalam perhitungan ini diklasifikasikan dalam 3 macam kendaraan yaitu :

1. Kendaraan Ringan (Light Vehicles = LV)

Indeks untuk kendaraan bermotor dengan 4 roda (mobil penumpang),

2. Kendaraan berat (Heavy Vehicles = HV)

Indeks untuk kendaraan bermotor dengan roda lebih dari 4 (Bus, truk 2 gandar, truk 3 gandar dan kombinasi yang sesuai),

3. Sepeda motor (Motor Cycle = MC) Indeks untuk kendaraan bermotor dengan 2 roda.

Tabel 2.1. Tabel Keterangan nilai smp

Jenis Kendaraan	Nilai Satuan Mobil Penumpang (smp/jam)
Kendaraan Berat (HV)	1,3
Kendaraan Ringan (LV)	1,0
Sepeda Motor (MC)	0,40

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

2.2. Pengertian transportasi

Transportasi adalah untuk menggerakkan atau memindahkan orang dan/atau barang dari satu tempat ke tempat lain dengan menggunakan sistem tertentu untuk tujuan tertentu (Morlok, 1995).

Transportasi dapat diartikan sebagai usaha memindahkan, menggerakkan, mengangkut, atau mengalihkan suatu objek dari suatu tempat ke tempat lain, dimana ditempat lain ini objek tersebut lebih bermanfaat atau dapat berguna untuk tujuan – tujuan tertentu. (Miro, 2005)

Dalam memenuhi usaha tersebut perlu adanya alat - alat pendukung agar proses pemindahan tersebut dapat dilakukan, alat pendukung yang digunakan untuk proses pindah harus sesuai dengan objek yang dipindahkan dan baik dari segi kuantitasnya maupun kualitasnya.

Alat pendukung yang dimaksud membentuk sebuah sistem transportasi yang didalamnya mencakup unsur – unsur berikut:

1. Ruang untuk bergerak (jalan)
2. Tempat awal/akhir pergerakan

3. Yang bergerak (alat angkut/kendaraan dalam bentuk apapun)
4. Pengelolaan (yang mengkoordinasikan ketiga unsur sebelumnya)

Keempat alat pendukung diatas tentunya harus berfungsi secara baik agar proses pemindahan dapat berjalan dengan baik pula.

2.3.Simpang (*Intersection*)

Simpang merupakan bagian dari jalan yang merupakan salah satu alat pendukung dalam transportasi. Persimpangan adalah bagian terpenting dari jaringan jalan, yang secara umum kapasitas persimpangan dapat dikontrol dengan pengendalian volume lalu lintas dalam sistem jaringan tersebut.

Selain itu juga simpang merupakan tempat terjadinya konflik lalu lintas, hal ini dikarenakan pada persimpangan bertemunya dua ruas jalan atau lebih.

Karena terjadinya konflik lalu lintas inilah persimpangan menempati proporsi utama dalam hal hambatan perjalanan. Oleh karena itu, perbaikan persimpangan akan mengurangi hambatan dan meningkatkan kapasitas dan tentu saja akan mengurangi banyaknya kecelakaan.

2.3.1. Jenis – jenis simpang

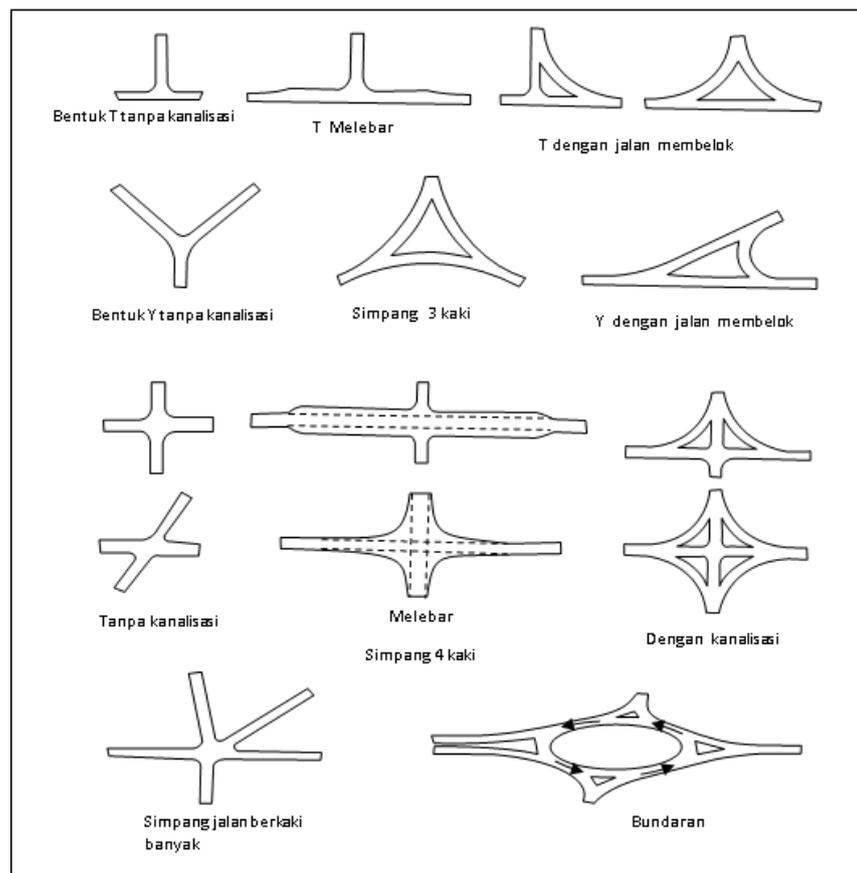
Secara garis besarnya persimpangan terbagi dalam 2 bagian :

1. Simpang sebidang
2. Simpang tak sebidang
 - a. Simpang sebidang

Simpang sebidang adalah simpang dimana berbagai jalan atau ujung jalan masuk simpang mengarahkan lalu lintas masuk ke jalan yang dapat

berlawanan dengan lalu lintas lainnya. Pada simpang sebidang menurut jenis fasilitas pengatur lalu lintasnya dipisahkan menjadi 2 (dua) bagian:

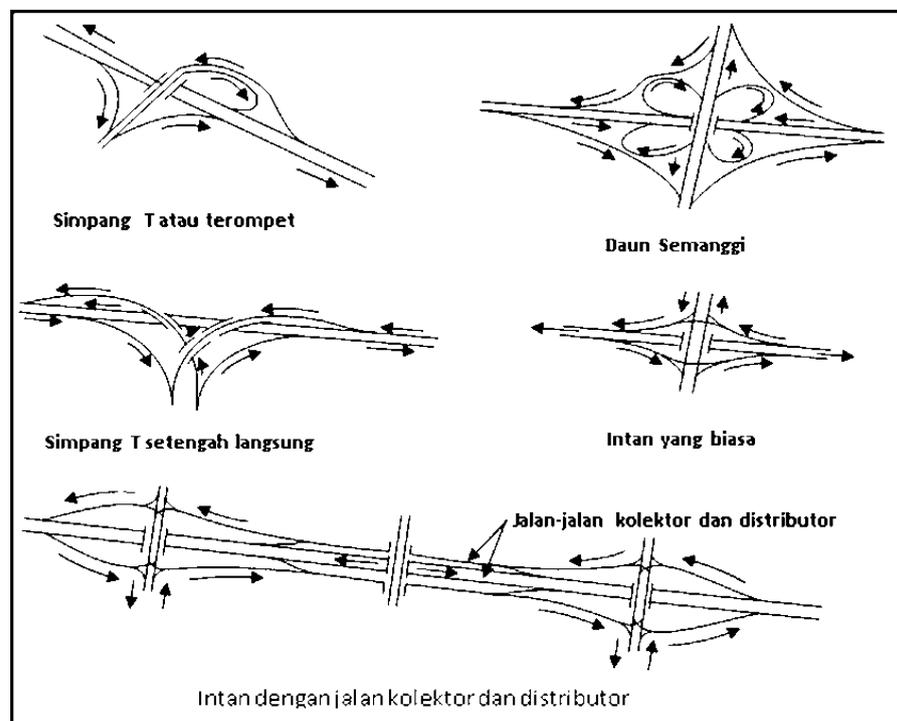
1. Simpang bersinyal (*signalised intersection*) adalah persimpangan jalan yang pergerakan atau arus lalu lintas dari setiap pendekatnya diatur oleh lampu sinyal untuk melewati persimpangan secara bergilir.
2. Simpang tak bersinyal (*unsignalised intersection*) adalah pertemuan jalan yang tidak menggunakan sinyal pada pengaturannya.



Gambar 2.1 simpang sebidang

b. Simpang tak sebidang

Sedangkan simpang tak sebidang, sebaiknya yaitu memisah-misahkan lalu lintas pada jalur yang berbeda sedemikian rupa sehingga simpang jalur dari kendaraan-kendaraan hanya terjadi pada tempat dimana kendaraan-kendaraan memisah dari atau bergabung menjadi satu lajur gerak yang sama. (contoh jalan layang), karena kebutuhan untuk menyediakan gerakan membelok tanpa berpotongan, maka dibutuhkan tikungan yang besar dan sulit serta biayanya yang mahal. Pertemuan jalan tidak sebidang juga membutuhkan daerah yang luas serta penempatan dan tata letaknya sangat dipengaruhi oleh topografi. Adapun contoh simpang tak sebidang disajikan secara visual pada gambar berikut.



Gambar 2.2 Simpang tak sebidang

Dalam perancangan persimpangan sebidang, perlu mempertimbangkan elemen dasar yaitu :

1. Faktor manusia, seperti kebiasaan mengemudi, waktu pengambilan keputusan, dan waktu reaksi.
2. Pertimbangan lalu lintas, seperti kapasitas, pergerakan berbelok, kecepatan kendaraan. Ukuran kendaraan. Dan penyebaran kendaraan,
3. Elemen fisik, seperti jarak pandang, dan fitur-fitur geometrik.
4. Faktor ekonomi, seperti konsumsi bahan bakar, nilai waktu.

Menurut Morlok (1995), persimpangan jalan dari segi pandang untuk kontrol kendaraan terbagi atas dua jenis yaitu:

1. Simpang bersinyal

Simpang jenis ini arus kendaraan memasuki simpang secara bergantian untuk mendapatkan prioritas dengan berjalan lebih dahulu dengan menggunakan pengendali lampu lalu lintas.

2. Simpang tidak bersinyal

Simpang jenis ini hak utama di persimpangan diperoleh berdasarkan aturan general priority rute dimana kendaraan yang terlebih dahulu berada di persimpangan mempunyai hak berjalan terlebih dahulu daripada kendaraan yang akan memasuki persimpangan.

2.4. Tipe Pertemuan Pergerakan dan Konflik Lalu Lintas Simpang

Pada dasarnya ada empat pertemuan gerakan lalu lintas yaitu:

- Pemecahan (diverging)

- Penyatuan (merging)
- Persilangan (crossing)
- Jalinan (weaving)

Pergerakan yang multiple sebaiknya dihindari didalam perencanaan karena akan dapat membingungkan pengemudi, dapat meningkatkan kecelakaan dan mengurangi kapasitas.

Pada suatu simpang, arus kendaraan akan berpotongan pada satu titik-titik konflik. Konflik ini akan menghambat pergerakan suatu arus lalulintas yang dapat meningkatkan resiko kecelakaan pada simpang tersebut. Arus Lalulintas yang terkena konflik pada suatu simpang mempengaruhi tingkah laku yang kompleks, setiap gerakan berbelok (ke kiri atau ke kanan) ataupun lurus masing-masing menghadapi konflik yang berbeda dan berhubungan langsung dengan tingkah laku gerakan tersebut.

Jumlah potensial titik-titik konflik pada simpang tergantung pada :

- a. Jumlah lengan simpang
- b. Jumlah lajur pada setiap lengan simpang
- c. Jumlah pengaturan simpang
- d. Jumlah arah pergerakan

Pada simpang bersinyal pergerakan arus lalu lintas yang memasuki simpang dilakukan secara bergantian sehingga titik – titik konflik yang timbul antara lalulintas dapat dikurangi.

2.5.Simpang Bersinyal (*signalized intersection*)

Simpang bersinyal yang dimaksud adalah simpang yang menggunakan lampu lalu lintas. Oglesby (1999:391) mengemukakan bahwa 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. Lampu lalu lintas harus dipasang pada simpang pada saat arus lalu lintas sudah meninggi. 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.

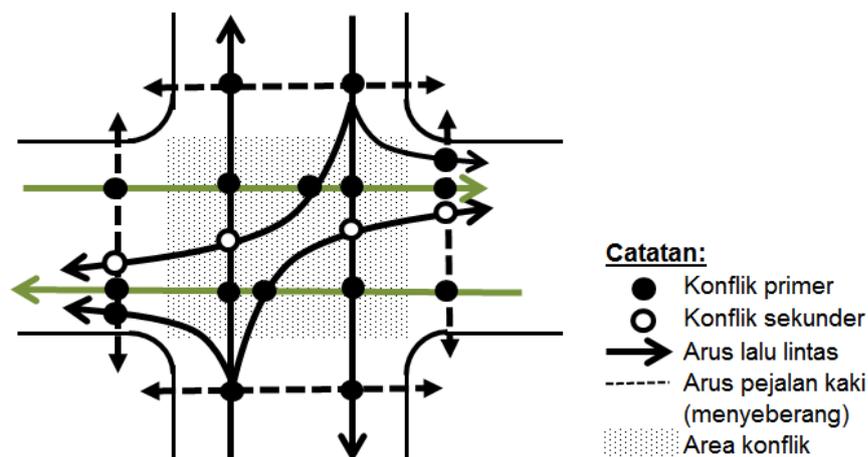
Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997), penggunaan sinyal lampu lalu lintas pada persimpangan dipergunakan untuk satu atau lebih alasan berikut ini :

- a. 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.
- b. Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk memotong jalan utama.
- c. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan- kendaraan dari arah yang bertentangan.

Adapun mengenai simpang yang dievaluasi dalam penelitian ini adalah simpang sebidang dengan lampu. Adapun masalah yang dianalisis meliputi hal – hal yang menyangkut aspek fisik dan non fisik jalan, yaitu kapasitas jalan, derajat kejenuhan, jumlah antrian, kendaraan terhenti, dan tundaan.

Dengan adanya pemasangan lampu lalu lintas, maka kecelakaan yang timbul diharapkan dapat berkurang, karena konflik yang timbul antara arus lalu lintas dapat dikurangi (Munawar, 2004:44).

Gerakan dan manuver kendaraan dapat dibagi dalam beberapa kategori dasar, yaitu pemisahan (diverging), penggabungan (merging), menyalip berpindah jalur (weaving) dan penyilangan (crossing). Contoh perbandingan antara jumlah konflik yang terjadi pada simpang dengan lampu lalu lintas adalah sebagai berikut:



Gambar 2.3 Konflik Lalu Lintas pada Simpang APILL Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2014)

Pola urutan lampu lalu lintas yang digunakan di Indonesia mengacu pada pola yang dipakai di Amerika Serikat, yaitu merah (red), kuning (amber), dan hijau (green). Hal ini untuk memisahkan atau menghindari terjadinya konflik akibat pergerakan lalu lintas lainnya. Pemasangan lampu lalu lintas pada simpang ini dipisahkan secara koordinat dengan sistem kontrol waktu secara tetap atau bantuan manusia.

Langkah – langkah dalam menganalisis simpang sebidang dengan lampu pengatur lalu lintas adalah sebagai berikut:

2.5.1. Data Masukan

- a. Kondisi geometrik dan lingkungan. Berisi tentang informasi lebar jalan, lebar bahu jalan lebar median, dan arah untuk tiap lengan simpang. Kondisi lingkungan ada tiga tipe, yaitu komersial, permukiman, dan akses terbatas.
- b. Kondisi arus lalu lintas. Perhitungan dilakukan persatuan jam untuk satu atau lebih periode, misalnya didasarkan pada kondisi arus lalu lintas rencana jam puncak pagi, siang, dan sore. Arus lalu lintas (Q) untuk setiap gerakan (belok kiri, lurus, dan belok kanan) dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan ekivalen mobil penumpang (emp) untuk masing-masing pendekat terlindung dan terlawan. Jenis kendaraan dibagi dalam beberapa tipe, seperti terlihat pada tabel 2.1 dan memiliki nilai konversi pada tiap pendekat seperti tersaji pada tabel 2.2.

Tabel 2.1 tipe kendaraan

No	Tipe Kendaraan	Definisi
1	Kendaraan Tak Bermotor (K_{TB})	Sepeda, Becak, Gerobak
2	Kendaraan Bermotor (SM)	Sepeda Motor
3	Kendaraan Ringan (KR)	Sedan, Pick up, Angkot
4	Kendaraan Berat (KB)	Bus, Truck

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014

Adapun untuk nilai ekivalen kendaraan penumpang (emp) diperoleh dari tabel berikut ini:

Jenis kendaraan	Nilai emp untuk tiap pendekatan	
	Terlindung (P)	Terlawan (O)
Kendaraan Ringan (KR)	1,0	1,0
Kendaraan Berat (KB)	1,3	1,3
Sepeda Motor (SM)	0,2	0,4

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014

2.5.2. Fase sinyal

Fase adalah suatu rangkaian dari kondisi yang diberlakukan untuk suatu arus atau beberapa arus, yang mendapatkan identifikasi lampu lalu lintas yang sama. Jumlah fase yang baik adalah fase yang menghasilkan kapasitas besar dan rata – rata tundaan rendah (Munawar, 2004:45).

Berdasar pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997 : 2-4,2-5). Bila arus belok kanan dari satu kaki atau arus belok kanan dan kiri lawan arah terjadi pada fase yang sama, arus ini dinyatakan sebagai terlawan. Arus belok kanan yang dipisahkan fasenya dengan arus lurus atau belok kanan tidak diijinkan, maka arus ini dinyatakan sebagai terlindung.

Periode merah semua antar fase harus sama atau lebih besar dari LT setelah waktu merah semua ditentukan. Total waktu hilang (LTI) dapat dihitung sebagai penjumlahan periode waktu antar hijau (IG). Panjang waktu kuning pada sinyal lalu lintas perkotaan di Indonesia biasanya 3 detik. Berikut penentuan waktu sinyal:

- a. Pemilihan tipe pendekat. Pemilihan tipe pendekat yaitu termasuk tipe terlindung (P) atau terlawan (O).
- b. Lebar efektif pendekat (W_e).

Tabel 2.3 Tabel penentuan fase dan waktu hijau

Ukuran Simpang	Lebar jalan rata-rata	Nilai normal waktu antar
Kecil	6-9m	4 det per fase
Sedang	10-14 m	5 det per fase
Besar	>15 m	> 6 det per fase

2.5.3. Arus Jenuh Dasar (S_o)

Arus jenuh dasar merupakan besarnya keberangkatan antrian di dalam pendekat selama kondisi ideal (smp/jam hijau).

Untuk tipe pendekat P (Tipe P = Arus berangkat terlindung)

$$S_o = 600 \times W_e \dots\dots\dots (1) \text{ (MKJI, 1997)}$$

Dimana:

S_o = Arus jenuh dasar

W_e = Lebar efektif pendekat

2.5.4. Faktor penyesuaian

- a. Penetapan faktor koreksi untuk nilai arus lalu lintas dasar kedua tipe pendekat pada persimpangan adalah sebagai berikut:

1. Faktor koreksi ukuran kota (F_c), sesuai tabel 2.3

Tabel 2.3 Faktor Koreksi Ukuran Kota (F_c) untuk Simpang

Jumlah Penduduk (Juta jiwa)	Faktor Koreksi Ukuran Kota (F_c)
>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 2014

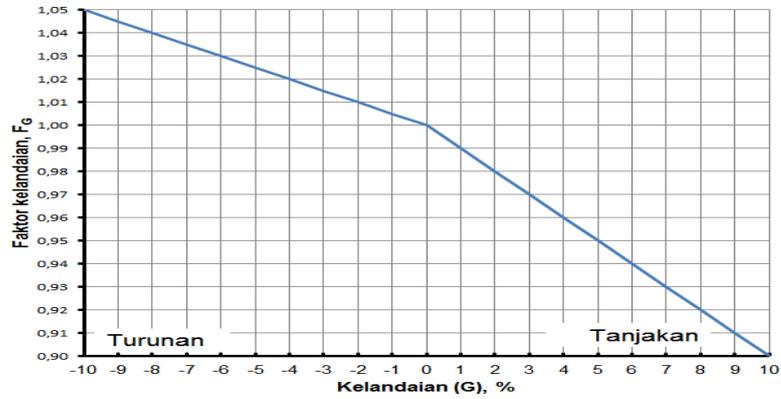
2. Faktor koreksi hambatan samping (F_{sf}) ditentukan sesuai Tabel.

Tabel 2.4 Faktor Koreksi Hambatan Samping

Lingkungan jalan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	>0.25
Komersial	Tinggi Sedang Rendah	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
		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
		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	Tinggi Sedang Rendah	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
		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
		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	Tinggi/sedng/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: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014

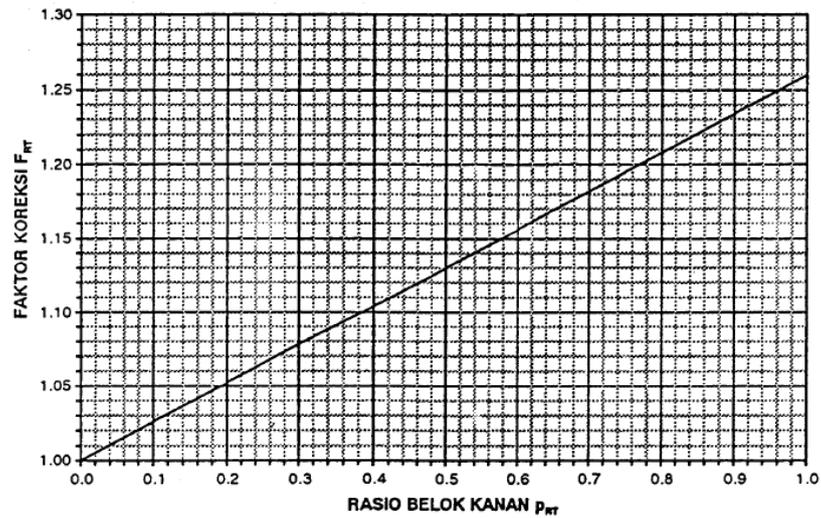
3. Faktor penyesuaian untuk kelandaian (F_g) sesuai gambar 2.2



Gambar 2.2 Grafik Faktor Penyesuaian untuk Kelandaian

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014

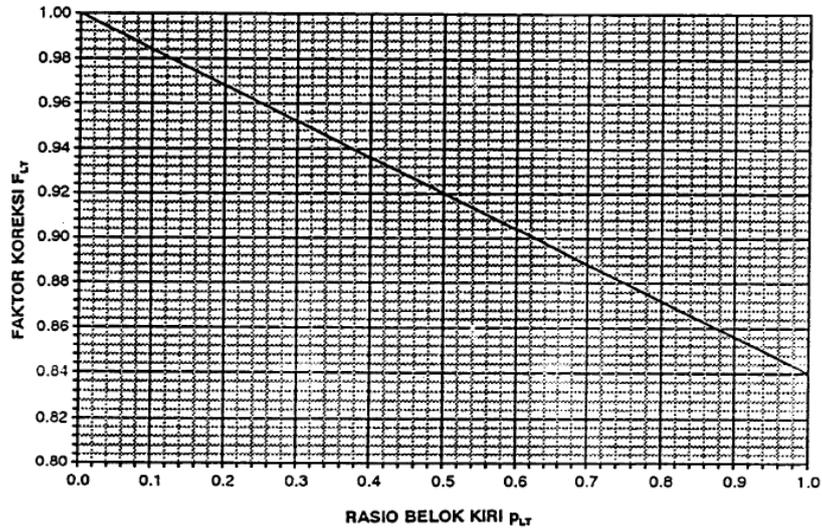
4. Faktor penyesuaian untuk belok kanan sesuai gambar 2.3



Gambar 2.3 Grafik Faktor Koreksi untuk Belok Kanan (F_{RT})

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

5. Faktor penyesuaian untuk belok kiri sesuai gambar 2.4

Gambar 2.4 Grafik Faktor Koreksi untuk Belok Kiri (F_{lt})

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

b. Nilai arus jenuh

Jika suatu pendekat mempunyai sinyal hijau lebih dari satu fase, yang arus jenuhnya telah ditentukan secara terpisah maka nilai arus kombinasi harus dihitung secara proporsional terhadap waktu hijau masing – masing fase.

$$S = S_o \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_g \times F_p \times F_{rt} \times F_{lt} \dots\dots\dots (2) \text{ (MKJI, 1997)}$$

Dimana:

S_o = Arus jenuh dasar

F_{cs} = Faktor koreksi ukuran kota

F_{sf} = Faktor koreksi hambatan samping

F_g = Faktor koreksi kelandaian

F_p = Faktor koreksi parkir

Frt = Faktor koreksi belok kanan

Flt = Faktor koreksi belok kiri

2.5.5. Perbandingan Arus Lalu Lintas (Q) dengan Arus Jenuh (S)

$$FR = Q/S \dots\dots\dots (3) \text{ (MKJI, 1997)}$$

Dimana:

FR = Rasio arus/rasio arus jenuh

$$PR = \text{Rasio fase} = \frac{FR_{crit}}{IFR}$$

Dimana:

Frcrit = Nilai FR tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal

$$IFR = \text{Perbandingan arus simpang} = \Sigma(FR_{crit})$$

2.5.6. Waktu siklus dan waktu hijau

Waktu siklus (c) merupakan waktu untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal (sebagai contoh, diantara dua saat permulaan hijau yang berurutan di dalam pendekat yang sama; det) (MKJI, 1997).

Waktu hijau (g) adalah fase untuk kendali lalu lintas aktuasi kendaraan (det) dan sebagai waktu nyala hijau dalam suatu pendekat (MKJI, 1997).

2.5.7. Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (DS)

Kapasitas (C) dari suatu pendekat simpang bersinyal dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$C = S \times g/c = S \times GR \dots\dots\dots (4) \text{ (MKJI, 1997)}$$

Dimana:

C = kapasitas (smp/jam)

S = Arus jenuh (smp/jam)

g = Waktu hijau (detik)

c = Waktu siklus yang disesuaikan (detik)

GR = Rasio hijau = g/c

Derajat kejenuhan (DS) adalah perbandingan antara arus (Q) dengan kapasitas (C).

$$DS = Q/C \dots\dots\dots (5) \text{ (MKJI, 1997)}$$

Dimana:

Q = Arus lalu lintas(smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

2.5.8. Perilaku lalu lintas

Perilaku lalu lintas pada simpang dipengaruhi oleh panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti dan tundaan. Panjang antrian adalah jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekat (MKJI, 1997).

c. Jumlah antrian (NQ) dan panjang antrian (QL)

Nilai dari Jumlah antrian ($NQ1$) dapat dihitung dengan formula:

$$NQ1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right] \dots\dots (6)$$

(MKJI, 1997)

Untuk $DS \leq 0,5$; $NQ1 = 0$

Dimana:

$NQ1$ = Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

C = Kapasitas (smp/jam)

DS = Derajat kejenuhan

Jumlah antrian smp yang datang selama fase merah ($NQ2$)

dihitung dengan formula:

$$NQ2 = c \times \left[\frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \right] \dots\dots\dots (7) \text{ (MKJI, 1997)}$$

Dimana:

$NQ2$ = Jumlah antrian smp yang datang selama fase merah

c = Waktu siklus (detik)

GR = g/c (Rasio Hijau)

DS = Derajat kejenuhan

Q = Volume lalu lintas (smp/jam)

Untuk antrian total (NQ) dihitung dengan menjumlahkan kedua hasil tersebut yaitu $NQ1$ dan $NQ2$:

$$NQ = NQ1 + NQ2 \dots\dots\dots (8) \text{ (MKJI, 1997)}$$

Dimana:

NQ = Jumlah rata – rata antrian smp pada awal sinyal hijau

$NQ1$ = Jumlah antrian smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

$NQ2$ = Jumlah antrian smp yang datang selama fase merah

Untuk menghitung panjang antrian (QL) dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$QL = \frac{NQ_{Max} \times 20}{W_{masuk}} \dots\dots\dots (9) \text{ (MKJI, 1997)}$$

Dimana:

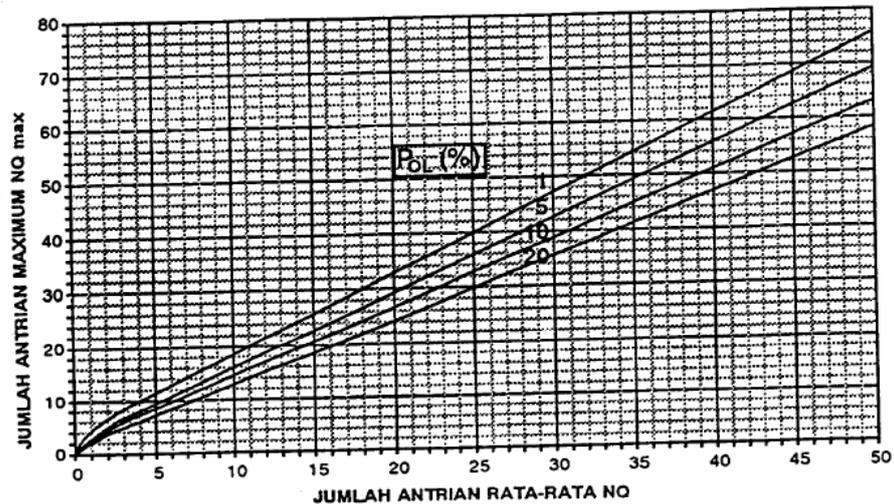
QL = Panjang antrian

NQmax = Jumlah antrian

Wmasuk = Lebar masuk

Untuk perencanaan dan desain disarankan POL < 5%. Untuk pelaksanaan POL = 5-10% masih dapat diterima. Pada perhitungan ini kami mengambil POL = 5%. (MKJI, 1997).

PELUANG UNTUK PEMBEBANAN LEBIH P_{OL}



Gambar 2.5 Grafik Perhitungan Jumlah Antrian (NQmax) dalam smp

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

d. Kendaraan henti

Jumlah kendaraan henti adalah jumlah kendaraan dari arus lalu lintas yang terpaksa berhenti sebelum melewati garis henti akibat pengendalian sinyal (MKJI, 1997). Angka henti sebagai jumlah rata – rata per smp untuk perancangan dihitung dengan rumus dibawah ini:

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \dots\dots\dots (10) \text{ (MKJI, 1997)}$$

Dimana: $\Sigma g + LTI$

NS = Angka henti

NQ = Jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

c = Waktu siklus(det)

Perhitungan jumlah kendaraan terhenti (NSV) masing – masing pendekat menggunakan formula sebagai berikut:

$$Nsv = Q \times NS \dots\dots\dots (11) \text{ (MKJI, 1997)}$$

Dimana:

Nsv = Jumlah kendaraan terhenti

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

NS = Angka henti

Adapun perhitungan untuk angka henti total seluruh simpang dihitung dengan rumus:

$$N_{Stotal} = \Sigma N_{sv} / \Sigma Q \dots\dots\dots (12) \text{ (MKJI, 1997)}$$

Dimana:

N_{Stotal} = Angka henti total seluruh simpang

ΣN_{sv} = Jumlah kendaraan terhenti

ΣQ = Arus lalu lintas (smp/jam)

e. Tundaan

Tundaan merupakan waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui suatu simpang (MKJI, 1997). Tundaan terdiri dari:

1. Tundaan lalu lintas

Tundaan lalu lintas adalah waktu yang disebabkan interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang bertentangan. Tundaan lalu lintas rata-rata tiap pendekat dihitung dengan menggunakan formula:

$$DT = c \times A + \frac{NQ1 \times 3600}{c} \dots\dots\dots (13) \text{ (MKJI, 1997)}$$

Dimana:

DT = Rata-rata tundaan lalu lintas tiap pendekat
(detik/smp)

c = Waktu siklus yang disesuaikan (detik)

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

NQ1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

2. Tundaan geometri

Tundaan geometri disebabkan oleh perlambatan dan percepatan kendaraan yang membelok di samping atau yang terhenti oleh lampu merah. Tundaan geometrik rata-rata (DG) masing – masing pendekatan dihitung dengan menggunakan formula:

$$DG = (1 - P_{sv}) \times P_t \times 6 + (P_{sv} \times 4) \dots\dots\dots (14) \text{ (MKJ1, 1997)}$$

Dimana:

$$PSV = \text{Rasio kendaraan berhenti pada pendekatan} = \frac{\sum (NS_i \times P_i)}{NS}$$

$$PT = \text{Rasio kendaraan berbelok pada pendekatan}$$

Tundaan rata – rata tiap pendekatan (D) adalah jumlah dari tundaan lalu lintas rata-rata dan tundaan geometrik masing – masing pendekatan:

$$D = DT + DG \dots\dots\dots (15) \text{ (MKJ1, 1997)}$$

Dimana:

D = Tundaan rata-rata tiap pendekat

DT = Rata-rata tundaan lalu lintas tiap pendekat
(detik/smp)

DG = Rata-rata tundaan geometrik tiap pendekat
(detik/smp)

Untuk menghitung tundaan total pada simpang adalah:

$$D_{tot} = D \times Q \dots\dots\dots (16) \text{ (MKJI, 1997)}$$

Dimana:

D = Tundaan rata-rata tiap pendekat

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

Untuk menghitung tundaan simpang rata-rata adalah:

$$D = \Sigma D_{tot} / \Sigma Q \dots\dots\dots (17) \text{ (MKJI, 1997)}$$

Dimana:

D = Tundaan rata-rata tiap pendekat

D_{tot} = Tundaan Total semua pendekat

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

2.5.9. Tingkat Pelayanan Persimpangan

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).

Untuk nilai derajat kejenuhan standar perencanaan di MKJI 1997 adalah 0.75. Tingkat pelayanan dikategorikan baik jika nilai maksimum tidak melebihi standard tersebut, jika nilai maksimum melebihi nilai standar derajat kejenuhan maka dikategorikan tingkat pelayanan buruk.

Menurut Tamin (2000), jika kendaraan berhenti terjadi antrian di persimpangan sampai kendaraan tersebut keluar dari persimpangan karena adanya pengaruh kapasitas persimpangan yang sudah tidak memadai. Semakin tinggi nilai tundaan semakin tinggi pula waktu

tempuhnya. Untuk menentukan tingkat pelayanan (ITP) suatu persimpangan, dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.5 ITP pada Persimpangan Berlampu Lalu Lintas

Indeks Tingkat Pelayanan (ITP)	Tundaan kendaraan (detik)
A	< 5,0
B	5,1-15,0
C	15,0-25,0
D	25,1-40,1
E	40,1-60,0
F	> 60

Sumber: Tamin (2000)

Tingkat pelayanan A, B, C dan D masing-masing dibatasi oleh:

- a. Kecepatan perjalanan harus sama atau besar daripada nilai standar yang bersangkutan.
- b. Angka volume dibagi dengan kapasitas tidak lebih dari standar yang bersangkutan.

Tingkat pelayanan E menunjukkan keadaan yang mendekati kapasitas jalan yang bersangkutan (kepadatan kritis).

Tingkat pelayanan F menunjukkan keadaan kepadatan yang tinggi dimana kecepatan adalah rendah dan variabel dalam hal ini tidak bisa diukur dengan ketentuan kecepatan dan volume/kapasitas. Adapun penjelasan mengenai tingkat pelayanan adalah sebagai berikut:

1. Tingkat pelayanan "A". Keadaan arus bebas, volume rendah, kecepatan tinggi, kepadatan rendah, kecepatan ditentukan oleh kemauan pengemudi, pembatasan kecepatan dan keadaan fisik jalan.
2. Tingkat Pelayanan "B". Keadaan arus yang terstabil, kecepatan perjalanan mulai dipengaruhi keadaan lalu lintas, dalam batas dimana pengemudi masih mendapat kebebasan yang cukup dalam memilih kecepatannya. Batas terbawah dari kecepatan ini (kecepatan terendah dengan volume tertinggi) digunakan untuk ketentuan-ketentuan perencanaan jalan-jalan diluar kota.

3. Tingkat pelayanan “C”. Masih dalam keadaan arus yang stabil, tetapi kecepatan dan gerakan lebih ditentukan oleh volume yang tinggi sehingga pemilihan kecepatan sudah terbatas dalam batas-batas kecepatan jalan yang masih cukup memuaskan, besaran ini digunakan untuk ketentuan-ketentuan perencanaan jalan-jalan dalam kota.
4. Tingkat pelayanan “D”. Menunjukkan keadaan yang mendekati tidak stabil, dimana kecepatan yang dikehendaki secara terbatas masih dapat dipertahankan, meskipun sangat dipengaruhi oleh perubahan-perubahan dalam keadaan perjalanan yang dapat menurunkan kecepatan yang cukup besar.
5. Tingkat pelayanan “E”. Menunjukkan arus yang tidak stabil, tidak dapat ditentukan hanya dari kecepatan perjalanan saja, sering terjadi kemacetan (berhenti) untuk beberapa saat. Volume dapat atau hampir sama dengan kapasitas jalan sedang kecepatan pada kapasitas ini pada umumnya sebesar kurang lebih 50 km/jam.
6. Tingkat pelayanan “F”. Menunjukkan arus yang tertahan, kecepatan rendah sedang volume berada di bawah kapasitas dan membentuk rentetan kendaraan, sering terjadi kemacetan yang cukup lama. Dalam keadaan ekstrim, kecepatan volume dapat turun menjadi nol.