

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kinerja Lalu Lintas

Dalam pasal 3 UU no 22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan disebutkan bahwa “Transportasi jalan diselenggarakan dengan tujuan untuk mewujudkan lalu lintas dan angkutan jalan dengan aman, selamat, tertib, lancar dan terpadu dengan moda angkutan lain untuk mendorong perekonomian nasional, memajukan kesejahteraan umum, memperkuat persatuan dan kesatuan bangsa, serta mampu menjunjung tinggi martabat bangsa”. Hal ini berbanding lurus dengan sifat transportasi, dimana transportasi merupakan kebutuhan turunan.

Menurut (Tamin, 2008), “Pergerakan terjadi karena adanya proses pemenuhan kebutuhan. Pemenuhan kebutuhan merupakan kegiatan yang biasanya harus dilakukan setiap hari, misalnya pemenuhan kebutuhan akan pekerjaan, pendidikan, kesehatan, dan olahraga”. Dengan kata lain, segala kegiatan manusia dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari ataupun aktivitas pasti memerlukan perpindahan. Aktivitas dilakukan guna memajukan kesejahteraan, meningkatkan perekonomian, dan bersosialisasi. Semua itu harus ditunjang dengan lalu lintas dan angkutan jalan yang aman dan lancar.

Dalam lalu lintas ruas jalan dan persimpangan memiliki peranan penting, dimana ruas jalan merupakan tempat Bergeraknya sarana dan persimpangan merupakan tempat bertemunya atau penghubung antar ruas.

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

- a. Untuk ruas jalan, dapat berupa V/C rasio, kecepatan dan kepadatan lalu lintas

- b. Untuk persimpangan dapat berupa tundaan, kapasitas simpang dan arus jenuh.
- c. Jika tersedia, maka data kecelakaan lalu lintas juga dapat dipertimbangkan dalam mengevaluasi efektifitas sistem lalu lintas perkotaan.

Kinerja yang dibutuhkan dalam studi ini adalah sebagai berikut :

- a. V/C rasio merupakan perbandingan antara volume dan kapasitas yang menunjukkan kondisi ruas jalan dalam melayani volume lalu lintas yang ada.
- b. Kecepatan perjalanan rata-rata, dapat menunjukkan waktu tempuh dari titik asal ke titik tujuan di dalam wilayah pengaruh yang akan menjadi tolak ukur dalam pemilihan rute perjalanan.
- c. Tingkat pelayanan yang menjadi indikator yang mencakup gabungan beberapa parameter baik secara kuantitatif maupun secara kualitatif dari ruas jalan.

2.2 Landasan Teori Berdasarkan MKJI 1997

Manual Kapasitas Jalan Indonesia memuat fasilitas jalan perkotaan, semi perkotaan, jalan luar kota, dan jalan bebas hambatan. Manual ini menggantikan manual sementara untuk fasilitas lalu lintas perkotaan (Januari 1993) jalan luar kota (Agustus 1994) yang telah diterbitkan lebih dahulu dalam proyek MKJI. Tipe fasilitas yang tercakup dan ukuran penampilan lalu lintas (perilaku lalu lintas) selanjutnya disebut perilaku lalu lintas atau kualitas lalu lintas.

MKJI dapat diterapkan sebagai sarana dalam perancangan, perencanaan, dan analisa operasional fasilitas lalu lintas dari simpang bersinyal, simpang tak bersinyal, bagian jaringan, bundaran dan ruas jalan (jalan perkotaan, jalan luar kota, jalan bebas hambatan). Selain itu, Manual direncanakan agar pengguna dapat memperkirakan perilaku lalu lintas dari suatu fasilitas pada kondisi lalu lintas, geometrik, dan keadaan lingkungan tertentu.

Dengan melakukan perhitungan bersambung menggunakan data yang disesuaikan, untuk keadaan lalu lintas yang dapat diterima. Dengan cara yang sama, penurunan kinerja dari suatu fasilitas lalu-lintas sebagai akibat dari pertumbuhan lalu lintas yang dapat dianalisa, sehingga waktu yang diperlukan untuk tindakan seperti peningkatan kapasitas dapat juga ditentukan.

2.3 Prosedur Perhitungan Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal adalah bagian dari sistem kendali waktu tetap yang dirangkai atau sinyal aktual kendaraan terisolir. Dalam analisis simpang bersinyal biasanya memerlukan metode dan perangkat lunak khusus, seperti program bantuan KAJI.

Kapasitas simpang dapat ditingkatkan dengan menerapkan aturan prioritas sehingga simpang dapat digunakan secara bergantian. Dalam mengatasi hambatan tinggi pada saat jam sibuk dapat dibantu oleh petugas lalu lintas, namun apabila volume lalu lintas meningkat diperlukan sistem pengendalian untuk seluruh waktu (*full time*) yang dapat bekerja secara otomatis. Pengendalian tersebut dapat menggunakan alat isyarat lalu-lintas (*traffic signal*) atau sinyal lalu-lintas.

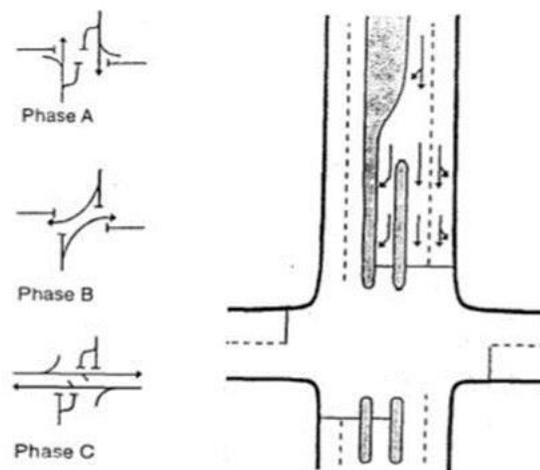
Dalam prosedur perhitungan simpang bersinyal ini menjelaskan tata cara untuk menentukan waktu sinyal, kapasitas dan perilaku lalu lintas (tundaan, panjang antrian, dan rasio kendaraan terhenti) pada simpang bersinyal di daerah perkotaan atau semi perkotaan berdasarkan data di lapangan. Data tersebut kemudian diolah sesuai urutan pengerjaan sampai menghasilkan nilai LOS (Level of Service) yang diharapkan.

2.3.1 Data Masukan

- a. Kondisi Geometrik

Perhitungan dikerjakan secara terpisah untuk setiap pendekat. Satu lengan simpang dapat terdiri lebih dari satu pendekat yang dipisahkan menjadi dua atau lebih sub-pendekat. Hal ini terjadi jika gerakan belok kanan dan/atau belok kiri mendapat sinyal hijau pada fase yang berlainan dengan lalu lintas yang lurus, atau jika dipisahkan secara fisik dengan pulau-pulau lalu lintas dalam pendekat.

Untuk masing-masing pendekat atau sub-pendekat lebar efektif (W_e) ditetapkan dengan mempertimbangkan denah dari bagian masuk dan ke luar suatu simpang dan distribusi dari gerakan-gerakan membelok.



Gambar 2. 1 Kondisi Geometrik Pengaturan Lalu Lintas

Sumber : MKJI 1997

Data kondisi geometrik eksisting dimasukkan ke dalam formulir SIG-1 sesuai dengan perintah yang ada pada masing-masing kolom yang tersedia, antara lain:

- Umum

Pada judul formulir berisi waktu (jam puncak) dan tanggal pengerjaan. Dikerjakan oleh surveyor.

- Ukuran kota

Berisi jumlah penduduk perkotaan (dengan ketelitian 0,1 juta penduduk)

- Fase dan waktu sinyal antara waktu hijau (g)

Berisi waktu hijau (g) dan waktu antar hijau (IG) yang ada pada tiap-tiap kotak, kemudian waktu siklus dan waktu hilang total ($LTI = \Sigma IG$) untuk kasus yang ditinjau (jika tersedia). Gunakan kotak-kotak di bawah judul formulir untuk menggambar diagram fase yang ada (jika tersedia)

- Belok kiri langsung

Keterangan mengenai diagram-diagram fase dalam pendekatan-pendekatan mana gerakan belok kiri langsung diijinkan

- Kode pendekatan

Berisi arah mata angin untuk memberi nama pendekatan atau induksi yang jelas sebagai nama pendekatan.

- Kondisi lingkungan

Berisi kondisi lingkungan pada jalan untuk tiap-tiap pendekatan :

- Komersial (COM)

Tata guna lahan komersial, contoh: restoran dan kantor dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan

- Pemukiman (RES)

Tata guna lahan tempat tinggal dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan

- Akses terbatas (RA)

Jalan masuk terbatas atau tidak ada sama sekali

- Median

Berisi ada atau tidaknya median pada sisi kanan garis henti pada pendekat.

- Tingkat hambatan samping

- Tinggi, jika besar arus berangkat pada tempat masuk dan keluar berkurang karena aktivitas di samping
- jalan pada pendekat seperti angkutan umum berhenti, pejalan kaki berjalan di samping jalan.
- Rendah, jika besar arus berangkat pada tempat masuk dan keluar tidak berkurang oleh hambatan samping dari jenis-jenis tersebut di atas.

- Lebar pendekat

Berdasarkan sketsa persimpangan, berisi lebar bagian yang diperkeras dari masing-masing pendekat, belok kiri langsung, tempat masuk dan tempat keluar.

- Kelandaian

Berisi kelandaian dalam persentase (naik=+%, turun=-%).

- Belok kiri langsung (LTOR)

Berisi ada atau tidaknya gerakan belok kiri langsung.

b. Kondisi arus lalu lintas

Perhitungan dilakukan per-satuan 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 QLT, lurus QST, dan belok kanan QRT) dikonversi dari kendaraan per-jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per-jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekat terlindung dan terlawan.

Jenis Kendaraan	emp untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda Motor (MC)	0,2	0,4

Tabel 2.1 Nilai EMP untuk Tipe Pendekat

Sumber : MKJI 1997

2.3.2 Penggunaan Fase Sinyal

Waktu antar hijau dan waktu adalah periode setelah hijau sampai akan hijau lagi pada satu pendekat. Waktu antar hijau dihasilkan dari perhitungan waktu merah semua.

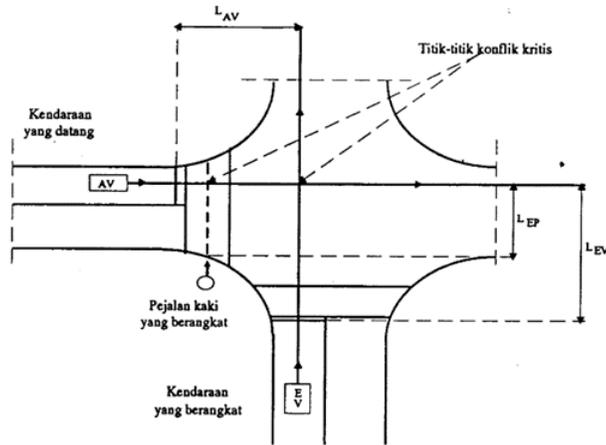
$$\text{Merah Semua} = \left[\frac{(\text{Lev} + \text{Iev})}{\text{Vev}} - \frac{\text{Lav}}{\text{Vav}} \right] \quad (\text{II.1})$$

Keterangan :

LEV, LAV = Jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m).

IEV = Panjang kendaraan yang berangkat (m)

VEV, VAV = Kecepatan masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/det).



Gambar 2.2 Gambar Titik Konflik Kritis

Sumber : MKJI 1997

Nilai-nilai yang dipilih untuk VEV, VAV, dan IEV tergantung dari komposisi lalu lintas dan kondisi kecepatan pada lokasi. Nilai-nilai sementara berikut dapat dipilih dengan ketiadaan aturan di Indonesia akan hal ini.

- VAV = 10 m/det (kend. bermotor)
- VEV = 10 m/det (kend. bermotor)
3m/det (kend. Tak bermotor)
1,2 m/det (pejalan kaki)
- IEV = 5 m (LV atau HV)
2 m (MC atau UM)

Perhitungan dilakukan dengan Formulir SIG-III untuk semua gerak lalu lintas yang bersinyal (tidak termasuk LTOR).

Apabila periode merah-semua untuk masing-masing akhir fase telah ditetapkan, waktu hilang (LTI) untuk simpang dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu-waktu antar hijau:

$$LTI = \sum (\text{Merah Semua} + \text{Kuning})_i = \sum IG_i \quad (\text{II.2})$$

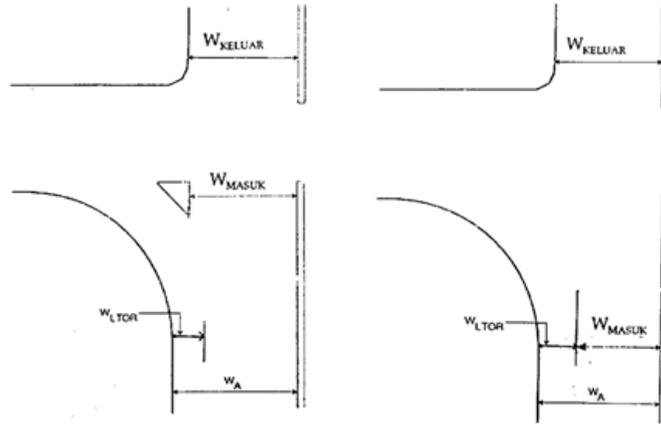
2.3.3 Penentuan Waktu Sinyal

a. Tipe Pendekat

Menentukan tipe dari setiap pendekat terlindung (P) atau terlawan (O) dengan melihat gambar rencana. Apabila dua gerakan lalu lintas pada suatu pendekat berangkat pada fase yang berbeda (misalnya lalu-lintas lurus dan lalu-lintas belok kanan dengan lajur terpisah), harus dicatat pada baris terpisah dan diperlakukan sebagai pendekat-pendekat terpisah dalam perhitungan selanjutnya. Apabila suatu pendekat memiliki nyala hijau pada dua fase, di mana pada keadaan tersebut tipe lajur dapat berbeda untuk masing-masing fase, satu baris sebaiknya digunakan untuk mencatat data masing-masing fase, dan satu baris tambahan untuk memasukkan hasil gabungan untuk pendekat tersebut.

b. Lebar Efektif

Lebar efektif (WE) dapat dihitung untuk pendekat dengan pulau lalu lintas, penentuan lebar masuk (WMASUK) sebagaimana ditunjukkan pada gambar di bawah ini atau untuk pendekat tanpa pulau lalu-lintas yang ditunjukkan pada bagian kanan dari gambar. Pada keadaan terakhir $WMASUK = WA - WLTOR$ Persamaan di bawah dapat digunakan untuk kedua keadaan tersebut.



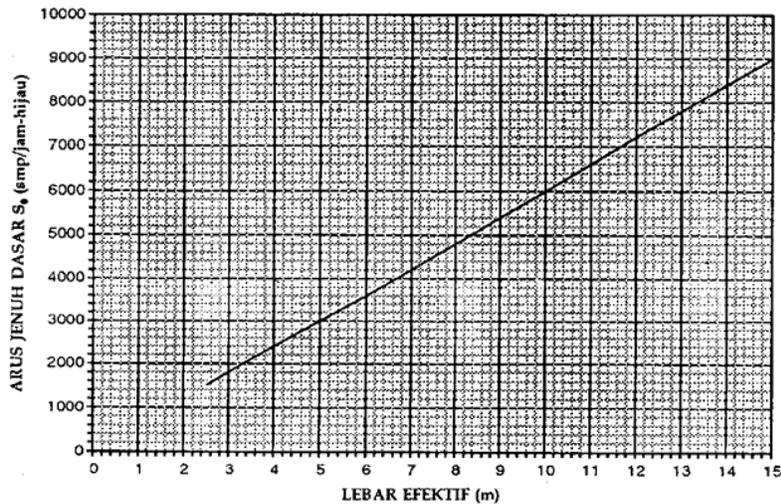
Gambar 2.3 Gambar Penentuan Lebar Efektif untuk Pendekat dengan LTOR

Sumber : MKJI 1997

c. Arus Jenuh Dasar

Arus jenuh dasar (S_0) ditentukan untuk setiap pendekat seperti diuraikan dibawah.

Untuk tipe P (terlindung) digunakan rumus atau menggunakan gambar 2.4



Gambar 2.4 Arus Jenuh Dasar Untuk Pendekat Tipe P

Sumber : MKJI 1997

Untuk menentukan besarnya arus jenuh dasar dapat menggunakan Gambar 2.4. Pada Gambar 2.4 tarik garis vertikal pada sumbu x sesuai dengan lebar efektif dari pendekat

hingga memotong garis diagonal pada diagram, lalu tarik garis horisontal ke kiri pada titik perpotongan dengan garis diagonal tersebut. Besarnya arus jenuh dasar dapat pula ditentukan dengan persamaan dibawah ini:

$$S_0 = 600 \times W_e \text{ smp/jam hijau} \quad \text{(II.3)}$$

Keterangan :

S_0 = arus jenuh dasar (smp/jam hijau)

W_e = Lebar pendekat efektif (m)

d. Faktor penyesuaian

Nilai faktor penyesuaian untuk menentukan arus jenuh dasar pada pendekat tipe P dan O adalah sebagai berikut :

- Faktor penyesuaian ukuran kota

Tabel 2.2 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})

Penduduk kota (Juta jiwa)	Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS})
> 3,0	1,05
1,0-3,0	1,00
0,5- 1,0	0,94
0,1-0,5	0,83
< 0,1	0,82

sumber : MKJI 1997

- Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan (F_{SF})

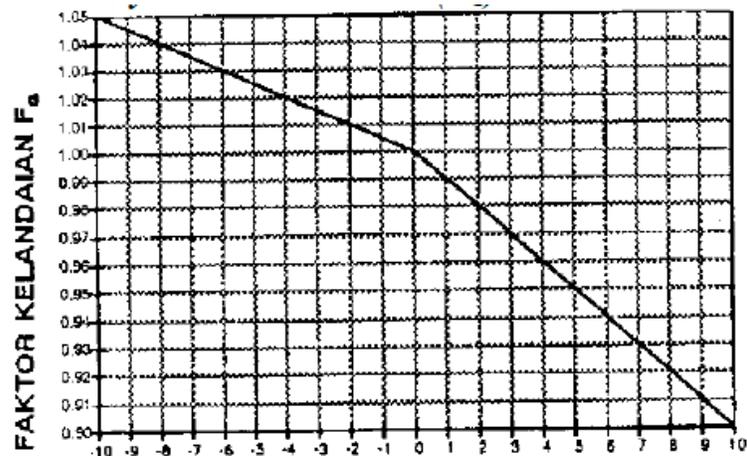
Tabel 2.3 Faktor penyesuaian untuk tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (F_{sf})

Lingkungan jalan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
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
Permukiman (RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	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

- Faktor penyesuaian Kelandaian (F_G)



Gambar 2.5 Faktor penyesuaian kelandaian (F_G)

sumber : MKJI 1997

- Faktor penyesuaian parkir (F_P)

Fp dapat juga dihitung dengan rumus berikut, yang mencakup pengaruh panjang waktu hijau :

$$FP = (LP / 3 - (WA - 2) \times (LP / 3 - g) / WA) / g \quad \text{(II.4)}$$

Keterangan :

LP = jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m)
atau panjang jalur pendek

WA = lebar pendekat (m)

g = waktu hijau pada pendekat

- Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT})

F_{RT} ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan berbelok kanan. Perlu diperhatikan bahwa penggunaan faktor ini hanya untuk pendekat tipe P, tanpa median, jalan dua arah dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

$$F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \times 0,26 \quad \text{(II.5)}$$

- Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT})

F_{LT} ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan berbelok kiri. Perlu diperhatikan bahwa penggunaan faktor ini hanya untuk pendekat tipe P, tanpa median, jalan dua arah dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

$$F_{LT} = 1,0 - P_{LT} \times 0,26 \quad \text{(II.6)}$$

- Nilai Arus yang disesuaikan

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \text{ smp/jam hijau} \quad \text{(II.7)}$$

e. Rasio Arus

Rasio arus (FR) masing-masing pendekat :

$$FR = Q / S \quad \text{(II.8)}$$

- Beri tanda rasio arus kritis (FRCRIT) atau tertinggi pada masing-masing fase.
- Hitung rasio arus simpang (IFR) sebagai jumlah dari nilai-nilai FR yang dilingkari (kritis)

f. Waktu Siklus dan Waktu Hijau

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

Hitung Rasio Fase (IFR) masing-masing fase sebagai rasio antara FRCRIT dan IFR

$$PR = FRCrit / IFR$$

g. Waktu Siklus yang Disesuaikan

Menghitung waktu siklus sebelum penyesuaian dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$C_{ua} = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \quad \text{(II.9)}$$

Keterangan :

C_{ua} = Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

IFR = Rasio arus simpang (FRCRIT)

Nilai-nilai yang lebih rendah dipakai untuk simpang dengan lebar jalan <10 m, nilai yang lebih tinggi untuk jalan yang lebih lebar. Waktu siklus lebih rendah dari nilai yang disarankan, akan menyebabkan kesulitan bagi para pejalan kaki untuk menyeberang jalan. Waktu siklus yang melebihi 130 detik harus dihindari kecuali pada kasus sangat khusus (simpang sangat besar), karena hal ini sering kali menyebabkan kerugian dalam kapasitas keseluruhan.

Jika perhitungan menghasilkan waktu siklus yang jauh lebih tinggi daripada batas yang disarankan, maka hal ini menandakan bahwa kapasitas dari denah simpang tersebut adalah tidak mencukupi.

h. Perhitungan Waktu Hijau

Menghitung waktu hijau untuk masing-masing dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

(II.10)

keterangan :

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)

C_{ua} = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus

PR_i = Rasio fase $FRCRIT / \Sigma (FRCRIT)$

i. Waktu siklus yang disesuaikan

$$c = \Sigma g + LTI \quad \text{(II.11)}$$

j. Kapasitas

$$C = S \times g/c \quad \text{(II.12)}$$

k. Derajat kejenuhan

$$DS = Q / C \quad \text{(II.13)}$$

Jika penentuan waktu sinyal sudah dikerjakan secara benar, derajat kejenuhan akan hampir sama dalam semua pendekatan-pendekat kritis.

2.4 Kinerja Ruas Jalan

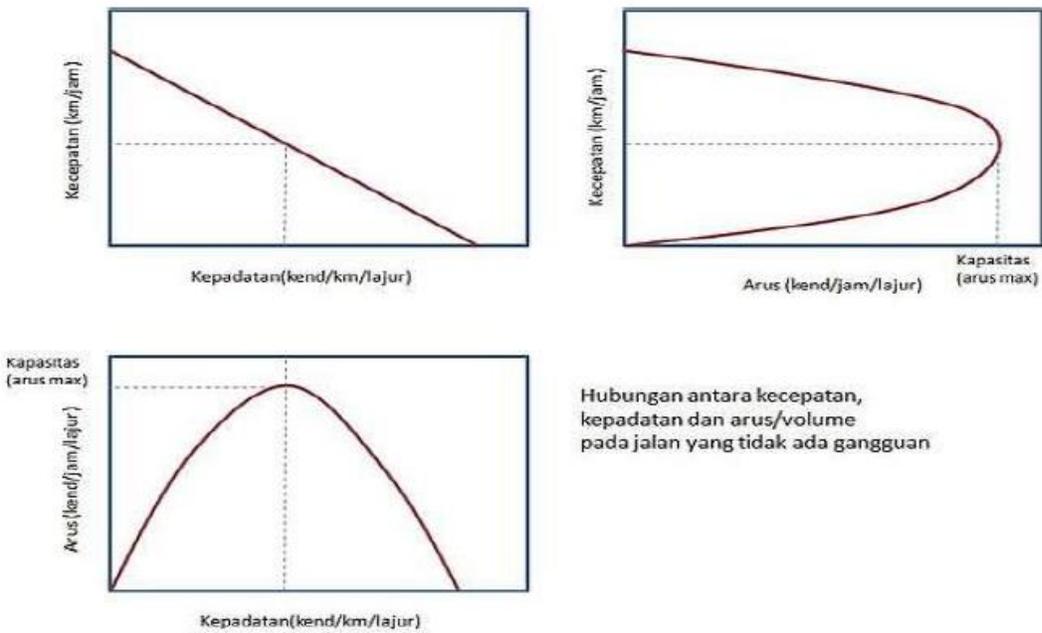
Indikator kinerja ruas jalan yang dimaksud disini adalah perbandingan volume per kapasitas (*V/C ratio*), kecepatan dan kepadatan lalu lintas. Tiga karakteristik ini kemudian di pakai untuk mencari tingkat pelayanan (*level of service*). Hal ini dikarenakan antara arus, kecepatan dan kepadatan memiliki hubungan yang saling berkaitan antara satu dengan yang lainnya.

Hubungan kecepatan dan kepadatan adalah linier yang berarti bahwa semakin tinggi kecepatan lalu lintas dibutuhkan ruang bebas yang lebih besar antara kendaraan yang mengakibatkan jumlah kendaraan perkilometer menjadi lebih kecil.

Hubungan kecepatan dan arus lalu lintas adalah parabolik yang menunjukkan bahwa semakin besar arus kecepatan akan turun sampai suatu titik yang menjadi puncak parabola tercapai kapasitas setelah itu kecepatan akan semakin rendah lagi dan arus juga akan semakin mengecil.

Hubungan antara arus dengan kepadatan juga parabolik semakin tinggi kepadatan arus akan semakin tinggi sampai suatu titik dimana kapasitas terjadi, setelah itu semakin padat maka arus akan semakin kecil.

Hubungan antara kecepatan, kepadatan, dan volume dapat dijelaskan dalam diagram pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Hubungan volume, kecepatan dan kepadatan

sumber : tamin (2008)

2.4.1 Kapasitas

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), menyatakan bahwa kapasitas jalan didefinisikan sebagai arus lalu lintas (stabil) maksimum yang dapat dipertahankan pada kondisi tertentu (geometri, distribusi arah, komposisi lalu lintas, dan faktor lingkungan). Untuk jalan dua-jalur dua-arah, kapasitas ditentukan untuk arus dua arah (kombinasi dua arah), tetapi untuk jalan dengan banyak jalur, arus dipisah tiap arah dan kapasitas ditentukan tiap lajur.

Kapasitas (C) sendiri dapat diartikan sebagai volume maksimum yang dapat ditampung oleh ruas jalan atau persimpangan (Morlok E. K., 1988) [8]. Berhubung beragamnya geometri jalan-jalan, kendaraan, pengendara dan kondisi lingkungan, serta sifat saling keterkaitannya, kapasitas bervariasi menurut kondisi lingkungannya (Hobbs F. D., 1995) [9].

Persamaan dasar untuk menentukan kapasitas adalah sebagai berikut :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs}$$

Sumber : MKJI 1997

(II-14)

Dimana :

C = kapasitas (smp/jam)

C_o = kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w = faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

FC_{sp} = faktor penyesuaian pemisah arah

FC_{sf} = faktor penyesuaian hambatan samping

FC_{cs} = faktor penyesuaian ukuran kota

Kapasitas dasar yaitu kapasitas segmen jalan pada kondisi geometri, pola arus lalu lintas, dan faktor lingkungan yang ditentukan sebelumnya.

Untuk penentuan kapasitas dasar jalan dapat dilihat pada tabel :

Tabel 2.4 Penentuan Kapasitas Dasar Jalan

Tipe Jalan	Kapasitas Dasar (smp/jam)	Catatan
Empat-lajur terbagi atau jalan satu arah	1650	Per Lajur
Empat-lajur tak-terbagi	1500	Per Lajur
Dua-lajur tak-terbagi	2900	Total Dua Arah

Sumber :

MKJI, 1997

Selain faktor jalan yang terkait dengan kapasitas ruas berupa lebar jalur, kebebasan samping, jalur tambahan atau bahu jalan, keadaan permukaan, alinyemen dan kelandaian jalan, masih terdapat juga satu faktor berpengaruh terhadap kapasitas, yaitu faktor lalu lintas.

Faktor lalu lintas yang dimaksud adalah banyak pengaruh berbagai tipe kendaraan terhadap seluruh kendaraan arus lalu lintas pada suatu ruas jalan. Hal ini juga diperhitungkan terhadap pengaruh satuan mobil penumpang (smp).

2.4.2 Kecepatan

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), Kecepatan didefinisikan dalam beberapa hal antara lain :

Kecepatan tempuh adalah kecepatan rata-rata kendaraan (km/jam) arus lalu lintas dihitung dari panjang jalan dibagi waktu tempuh rata-rata kendaraan yang melalui segmen jalan., karena mudah dimengerti dan diukur, dan merupakan masukan yang penting untuk biaya pemakaian jalan dalam analisa ekonomi.

Persamaan yang digunakan untuk menentukan kecepatan tempuh adalah sebagai berikut :

$$V = \frac{L}{TT}$$

Sumber : MKJI, 1997

(II-15)

Dimana :

V = kecepatan ruang rata-rata kendaraan ringan (km/jam)

L = panjang segmen (km)

TT = waktu tempuh rata-rata dari kendaraan ringan sepanjang segmenjalan (jam)

2.4.3 Kepadatan

Menurut Tamin (2008) kepadatan dapat didefinisikan sebagai jumlah kendaraan rata-rata dalam ruang. Satuan kepadatan adalah kendaraan per-km atau kendaraan km perjam. Seperti halnya volume lalu lintas, kepadatan juga dapat dikaitkan dengan penyediaan jumlah lajur jalan.

Persamaan untuk penentuan kepadatan mempunyai bentuk umum berikut :

$$K = \frac{Q}{U_s}$$

Sumber :Tamin (2008)

(II-16)

Dimana :

Q = aliran lalu lintas (kend/jam)

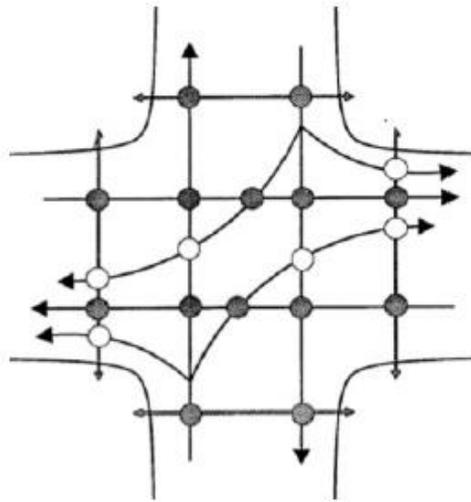
K = kepadatan lalu lintas (kend/jam)

U_s = *Space mean speed* (km/jam)

2.5 Kinerja Lalu Lintas Simpang

Simpang merupakan tempat bertemunya atau berkumpulnya beberapa ruas yang kerap kali menimbulkan konflik seperti *merging*, *crossing*, *weaving*, dan *diverging*. Dapat dilihat pada

Gambar 2.7



Gambar 2.7 Titik Konflik Persimpangan

sumber : MKJI (1997)

Indikator kinerja simpang yang dimaksud disini adalah kapasitas dan tundaan. Dimana kapasitas akan berhubungan langsung dengan arus lalu lintas yang dihasilkan oleh banyaknya pergerakan pada simpang sehingga rasio antara arus dengan kapasitas simpang akan menghasilkan nilai derajat kejenuhan pada simpang.

Tamin (2008) menyatakan bahwa, tundaan di persimpangan adalah total waktu hambatan rata-rata yang dialami oleh kendaraan sewaktu melewati suatu persimpangan. Hambatan tersebut muncul jika kendaraan terhenti karena terjadi antrian di persimpangan sampai kendaraan itu keluar dari persimpangan karena adanya pengaruh kapasitas persimpangan yang sudah tidak memadai. Nilai tundaan mempengaruhi nilai waktu tempuh kendaraan, semakin tinggi nilai tundaan maka semakin tinggi pula waktu tempuhnya.

2.5.1 Simpang bersinyal

a. Kapasitas simpang

Berbeda dengan simpang tak bersinyal, kapasitas pada simpang bersinyal didapatkan dengan cara mengalikan arus jenuh dengan waktu hijau dan waktu siklus.

Persamaan dasar untuk menentukan kapasitas adalah sebagai berikut :

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

Sumber : MKJI, 1997

(II-17)

Dimana :

C = kapasitas (smp/jam)

S = arus jenuh (smp/jam hijau)

g = waktu hijau (det)

c = waktu siklus (det)

Nilai arus jenuh sendiri merupakan hasil dari perkalian arus jenuh dasar dikalikan dengan faktor penyesuaian yang berpengaruh terhadap lingkungan simpang.

Persamaan dasar untuk menentukan arus jenuh adalah sebagai berikut :

$$S = S_o \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_G \times F_p \times F_{RT} \times F_{LT}$$

Sumber : MKJI, 1997 (II-18)

Dimana :

S_o = nilai dasar

F_{cs} = faktor penyesuaian hamukuran kota

F_{sf} = faktor penyesuaian hambatan samping

F_G = faktor penyesuaian kelandaian

F_p = faktor penyesuaian parkir

F_{RT} = faktor penyesuaian belok kanan

F_{LT} = faktor penyesuaian belok kiri

Sama halnya dengan simpang tak bersinyal, dari nilai kapasitas yang sudah ada, kita bisa mendapatkan nilai derajat kejenuhan simpang dengan cara membagi jumlah arus kendaraan yang memasuki simpang yang sudah dikalikan faktor jenis kendaraan dengan nilai kapasitas yang ada.

Persamaan untuk penentuan derajat kejenuhan simpang adalah sebagai berikut :

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

Sumber : MKJI, 1997 (II-19)

Dimana :

DS = derajat kejenuhan simpang

Q = arus total (smp/jam)

C = kapasitas (smp/km)

b. Tundaan

Tundaan simpang didapat dari hasil penjumlahan antara tundaan geometri simpang dengan tundaan lalu lintas simpang.

Persamaan untuk menentukan tundaan simpang adalah sebagai berikut:

$$D = DG + DT_1$$

Sumber : MKJI, 1997 (II-20)

Dimana :

D = Tundaan simpang (det/smp)

DG = tundaan geometrik simpang (det/smp)

DT₁ = tundaan lalu lintas simpang (det/smp)

Persamaan untuk menentukan tundaan geometrik simpang adalah sebagai berikut

:

$$DT = c \times \frac{0.5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)} + \frac{NQ1 \times 3.600}{C}$$

Sumber : MKJI, 1997 (II-21)

Persamaan untuk menentukan tundaan lalu lintas simpang adalah sebagai berikut :

$$DG_j = (1 - p_{sv}) \times PT \times 6 + (p_{sv} \times 4)$$

Sumber : MKJI, 1997 (II-22)

c. Panjang antrian

Jumlah antrian smp (NQ1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya, dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

Untuk DS > 0,5:

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

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

dimana:

$NQ1$ = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya.

DS = Derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau (g/c)

C = Kapasitas (smp/ jam)

Jumlah antrian smp yang datang selama fase merah ($NQ2$) dihitung dengan menggunakan rumus seperti berikut:

$NQ2 = C \times (1-GR) / (1-GR \times DS) \times Q / (3600)$

Dimana,

$NQ2$ = Jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = Derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau (g/c)

C = Waktu siklus (det)

Q_{masuk} = Arus lalu lintas pada tempat masuk di luar LTOR (smp/jam)

Jumlah total kendaraan antri:

$NQ = NQ1 + NQ2$

Nilai NQ perlu disesuaikan dalam hal peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih $POL < 5\%$ untuk operasi, suatu operasi nilai $POL = 5\%$ s/d 10% mungkin dapat diterima.

Panjang antrian (QL) pada masing-masing kaki persimpangan:

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

Dimana,

QL = Panjang antrian (m)

NQMAX = Jumlah antrian yang disesuaikan (smp)

20 = Asumsi luas rata-rata yang dipergunakan per smp.

WMAX = Lebar pendekat masuk

d. Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan untuk seluruh simpang, (DS), dihitung sebagai berikut :

$$DS = Q_{smp} \times C$$

Dimana,

Q_{smp} = Arus total (smp/jam) dihitung berikut :

$$Q_{smp} = Q_{kend} \times F_{smp}$$

F_{smp} = Faktor smp, dihitung sebagai berikut :

$$F_{smp} = (emp_{LV} \times LV\% + emp_{HV} \times HV\% + emp_{MC} \times MC\%) / 100$$

Dimana emp_{LV} , $LV\%$, emp_{HV} , $HV\%$, emp_{MC} dan $MC\%$ adalah emp dan komposisi lalu lintas untuk kendaraan ringan, kendaraan berat dan sepeda motor.

C = Kapasitas (smp/jam)

2.6 Menejemen Rekayasa dan Lalu Lintas

Segala bentuk permasalahan lalu lintas ditangani mulai dari perencanaan hingga pengawasan. Seluruhnya telah tertuang dalam peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015 tentang pedoman pelaksanaan menejemen rekayasa dan lalu lintas.

Berdasarkan peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015 menyatakan bahwa: Menejemen dan Rekayasa Lalu Lintas adalah serangkaian usaha dan kegiatan yang meliputi perencanaan, pengadaan, pemasangan, pengaturan, dan pemeliharaan fasilitas perlengkapan jalan

dalam rangka mewujudkan, mendukung dan memelihara keamanan, keselamatan, ketertiban, dan kelancaran lalu lintas.

Perekayasa meliputi pengadaan, pemasangan, perbaikan, dan pemeliharaan perlengkapan jalan yang berkaitan langsung dengan pengguna jalan.

Perlengkapan jalan yang berkaitan langsung dengan pengguna jalan meliputi :

- a. Alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL),
- b. Rambu lalu lintas,
- c. Marka jalan,
- d. Alat penerangan jalan,
- e. Alat pengendali pemakai jalan, terdiri atas alat pembatas kecepatan, dan alat pembatas tinggi dan lebar kendaraan
- f. Alat pengaman pemakai jalan, terdiri atas pagar pengaman, cermin tikungan, tanda patok tikungan (*delineator*), pulau lalu lintas dan pita pengaduh,
- g. Fasilitas pendukung kegiatan lalu lintas dan angkutan jalan yang berada di jalan maupun di luar badan jalan meliputi jalur khusus angkutan umum, jalur/lajur sepeda motor, jalur/lajur kendaraan tidak bermotor, parkir pada badan jalan, dan fasilitas perpindahan moda dalam rangka integrasi pelayanan intra dan antar moda.
- h. Fasilitas pendukung penyelenggaraan lalu lintas dan angkutan jalan, meliputi trotoar, lajur sepeda, tempat penyebrangan pejalan kaki, halte fasilitas khusus bagi penyandang disabilitas dan lanjut usia.

Pada Undang-Undang No. 22 tahun 2009 tentang lalu lintas angkutan dan jalan pasal 25 menjelaskan bahwa setiap jalan yang digunakan untuk lalu lintas umum harus dilengkapi dengan rambu lalu lintas, marka jalan, alat pemberi isyarat lalu lintas, alat penerangan jalan, alat

pengendali dan pengaman pengguna jalan, alat pengawasan dan pengaman jalan, fasilitas untuk sepeda, pejalan kaki dan penyandang cacat, serta fasilitas pendukung kegiatan lalu lintas dan angkutan jalan yang berada di jalan dan di luar badan jalan.

Pada peraturan pemerintah No. 32 tahun 2011 tentang manajemen dan rekayasa, analisis dampak, serta manajemen kebutuhan lalu lintas tepatnya pada pasal 61 huruf a menjelaskan pengendalian lalu lintas pada persimpangan antara lain dengan menerapkan alat pemberi isyarat lalu lintas, sistem alat pemberi isyarat lalu lintas terkoordinasi (*area traffic control system*), bundaran, dan pemanfaatan teknologi (*intelligent transport system*).

Pada peraturan menteri perhubungan no. 96 tahun 2015 tentang pedoman pelaksanaan kegiatan manajemen dan rekayasa lalu lintas pasal 4 menjelaskan cara dalam manajemen dan rekayasa lalu lintas adalah dengan penetapan prioritas angkutan massal, pemberian prioritas keselamatan dan kenyamanan pejalan kaki, pemberian kemudahan bagi penyandang cacat, pemisahan atau pemilahan pergerakan arus lalu lintas, pemanduan berbagai moda angkutan, pengendalian lalu lintas dan persimpangan, pengendalian lalu lintas pada ruas jalan, dan perlindungan terhadap lingkungan.

Terdapat tiga strategi manajemen lalu lintas secara umum yang dapat dikombinasikan sebagai bagian dari rencana manajemen lalu lintas. Teknik-teknik tersebut dapat dilihat pada **tabel 2.5**

Tabel 2.5 Strategi dan Teknik Manajemen Lalu Lintas

Strategi	Teknik
Manajemen kapasitas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perbaiki persimpangan. 2. Manajemen ruas jalan : <ol style="list-style-type: none"> a. Pemisahan tipe kendaraan b. Kontrol “<i>on-street parking</i>” (tempat,waktu)

	<ul style="list-style-type: none"> c. Pelebaran jalan 3. <i>Area traffic control</i> : <ul style="list-style-type: none"> a. Batasan tempat membelok b. Sistem jalur satu arah c. Koordinasi lampu lalu lintas
Manajemen prioritas	<ul style="list-style-type: none"> 1. Prioritas bus. 2. Akses angkutan barang, bongkar dan muat 3. Daerah pejalan kaki 4. Rute sepeda 5. Kontrol daerah parkir
Manajemen permintaan	<ul style="list-style-type: none"> 1. Kebijakan parkir 2. Penutupan jalan 3. <i>Area and cordon licensing</i> 4. Batasan fisik

Sumber : traffic management, DPU-Dirjen Bina Marga DKI Jakarta

Tidak selamanya persoalan lalu lintas dapat diatasi dengan peningkatan/suplay dengan melakukan pelebaran maupun penambahan jalan. Hal ini merupakan strategi yang praktis, tetapi akan meningkatkan permintaan perjalanan saja, sifatnya pun hanya temporal dan justru mendorong tingginya tingkat pertumbuhan kendaraan bermotor di perkotaan. Pada akhirnya kemacetan menjadi siklus permasalahan yang berdampak jangka panjang dan tidak pernah ada akhirnya.

2.7 Pengaruh Parkir Terhadap Kapasitas Jalan

Aktivitas samping atau hambatan samping pada jalan akan berpengaruh besar terhadap kapasitas ruas maupun persimpangan, terutama aktivitas parkir pada badan jalan.

Menurut Undang-Undang nomor 22 tahun 2009, parkir adalah kendaraan yang berhenti atau tidak bergerak untuk beberapa saat dan ditinggalkan pengemudinya.

Berdasarkan fasilitas penempatan parkir terbagi menjadi 2 macam, yaitu parkir di badan jalan (*on street*) dan parkir diluar badan jalan (*off street*). Parkir di badan jalan merupakan salah satu penyebab permasalahan lalu lintas.

Menurut Tamin (2008), lebar jalan yang tersita oleh kegiatan parkir (termasuk lebar manuver) tentu mengurangi kemampuan jalan tersebut dalam menampung arus kendaraan yang lewat, atau dengan perkataan lain, kapasitas jalan tersebut akan berkurang (penurunan kapasitas jalan bukan saja disebabkan oleh pengurangan lebar jalan tetapi juga oleh proses kegiatan kendaraan masuk dan keluar petak parkir). Semakin besar sudut parkir kendaraan, maka semakin besar juga pengurangan kapasitas jalannya.

2.8 Level of Service (LOS)

LOS adalah ukuran kualitatif yang mencerminkan persepsi pengemudi tentang kualitas mengendarai kendaraan. Baiknya pelayanan dapat dinyatakan dalam tingkat pelayanan *Level of Service (LOS)*. *Level of Service (LOS)* merupakan ukuran kualitas sebagai rangkaian dari beberapa faktor yang mencakup kecepatan kendaraan dan waktu perjalanan, interupsi lalu lintas, kebebasan untuk manuever, keamanan, kenyamanan mengemudi, dan ongkos operasi (*operation cost*) sehingga LOS dijadikan sebagai tolak ukur kualitas suatu kondisi lalu lintas. Maka dari itu volume pelayanan harus kurang dari kapasitas jalan itu sendiri. LOS yang tinggi didapatkan apabila *cycle time* pendek, karena *cycle time* yang pendek akan menghasilkan *delay* yang kecil. Dalam klasifikasi pelayanannya LOS dibagi menjadi 6 tingkatan, yaitu:

1. Tingkat pelayanan A
 - a. Arus lalu lintas bebas tanpa hambatan
 - b. Volume dan kepadatan lalu lintas rendah
 - c. Kecepatan kendaraan ditentukan oleh pengemudi

2. Tingkat pelayanan B
 - a. Arus lalu lintas stabil
 - b. Kecepatan mulai dipengaruhi oleh keadaan lalu lintas, tetapi tetap dapat dipilih sesuai kehendak pengemudi

3. Tingkat pelayanan C
 - a. Arus lalu lintas masih stabil
 - b. Kecepatan perjalanan dan kebebasan bergerak sudah dipengaruhi oleh besarnya volume lalu lintas sehingga pengemudi tidak dapat lagi memilih kecepatan yang diinginkan.

4. Tingkat pelayanan D
 - a. Arus lalu lintas mulai memasuki arus tidak stabil
 - b. Perubahan volume lalu lintas sangat mempengaruhi besar kecepatan perjalanan

5. Tingkat pelayanan E
 - a. Arus lalu lintas sudah tidak stabil
 - b. Volume kira kira sama dengan kapasitas
 - c. Sering terjadi kemacetan

6. Tingkat pelayanan F
 - a. Arus lalu lintas sudah tidak stabil
 - b. Sering terjadi kemacetan
 - c. Arus lalu lintas rendah

Tingkat tundaan dapat digunakan sebagai indikator tingkat pelayanan, baik untuk setiap pendekat maupun seluruh persimpangan. Kaitan antara tingkat pelayanan dan lamanya tundaan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.6 indikator tingkat pelayanan

Tingkat pelayanan	Tundaan (det/smp)	Keterangan
A	< 5	Baik Sekali
B	5,1-15	Baik
C	15,1-25	Sedang
D	25,1-40	Kurang
E	40,1-60	Buruk
F	>60	Buruk Sekali

Sumber : MKJI 1998

2.9 Penilaian perilaku Lalu Lintas

Cara yang paling cepat untuk menilai hasil penilaian perilaku lalu lintas adalah dengan melihat derajat kejenuhan dari kondisi yang diamati, kemudian membandingkannya dengan pertumbuhan lalu-lintas tahunan dan "umur" fungsional yang diinginkan dari segmen jalan tersebut. Jika derajat kejenuhan yang diperoleh terlalu tinggi ($DS > 0,75$), pengguna manual mungkin ingin merubah asumsi yang berkaitan dengan penampang melintang jalan dan sebagainya, serta membuat perhitungan baru