

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal adalah suatu persimpangan yang terdiri dari beberapa lengan dan dilengkapi dengan pengaturan sinyal lampu lalu lintas (*traffic light*). Berdasarkan MKJI 1997, adapun tujuan penggunaan sinyal lampu lalu lintas (*traffic light*) pada persimpangan antara lain:

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 dari arah yang bertentangan.

3.2 Dasar Teori

3.2.1 Satuan Mobil Penumpang

Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) mendefinisikan satuan mobil penumpang (smp) adalah satuan untuk arus lalu lintas dimana berbagai tipe kendaraan diubah menjadi arus kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan emp. Ekuivalen mobil penumpang (emp) adalah faktor yang menunjukkan pengaruh berbagai tipe kendaraan dibandingkan kendaraan ringan terhadap kecepatan kendaraan ringan dalam arus lalu lintas (untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan yang mirip $emp=1$). Pembagian tipe kendaraan bermotor untuk masing-masing kendaraan berdasarkan MKJI 1997 adalah sebagai berikut:

1. Sepeda Motor, *Motor cycle (MC)*, terdiri dari kendaraan bermotor beroda dua atau tiga.

2. Kendaraan Ringan, *Light Vehicle (LV)*, yaitu kendaraan bermotor dua as beroda empat dengan jarak as 2-3 meter, termasuk diantaranya mobil penumpang, oplet, mikrobis, *pick-up* dan truk kecil.
3. Kendaraan Berat, *Heavy Vehicle (HV)*, yaitu kendaraan bermotor lebih dari 4 roda, termasuk diantaranya bis, truk 2 as, truk 3 as, dan truk kombinasi.

Dalam penelitian ini nilai faktor konversi masing-masing moda untuk kondisi yang terlindung, yaitu kondisi tanpa konflik antara gerakan lalu lintas belok kanan dan lurus, menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia nilai faktor konversi adalah sebagai berikut:

1. Sepeda motor, dengan nilai $smp = 0,2$
2. Kendaraan ringan, dengan nilai $smp = 1,0$
3. Kendaraan berat, dengan nilai $smp = 1,3$

3.2.2 Tipe Simpang

Tipe simpang menentukan jumlah lengan simpang dan jumlah lajur pada jalan utama dan jalan minor pada simpang tersebut dengan kode tiga angka. Jumlah lengan adalah jumlah lengan dengan lalu-lintas masuk atau keluar atau keduanya.

Tabel 3.1 Kode tipe simpang

Kode IT	Jumlah lengan simpang	Jumlah lajur jalan minor	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: Direktorat Jenderal Bina Marga)

3.2.3 Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama

Pertimbangan teknik lalu-lintas diperlukan untuk menentukan faktor median. Median disebut lebar jika kendaraan ringan standar dapat berlindung pada daerah median tanpa mengganggu arus berangkat pada jalan utama. Hal ini mungkin terjadi jika lebar median 3 m atau lebih.

Faktor penyesuaian median jalan utama diperoleh menggunakan tabel 3.2 berikut ini:

Tabel 3.2 Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama

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

(sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga)

3.2.4 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Faktor penyesuaian ukuran kota ditentukan dari Tabel 3.3 berikut:

Tabel 3.3 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Ukuran kota CS	Penduduk Juta	Faktor penyesuaian ukuran kota F_{CS}
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: Direktorat Jenderal Bina Marga)

3.2.5 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Faktor penyesuaian hambatan samping (F_{sf}) ditentukan dari Tabel 3.4 berikut ini:

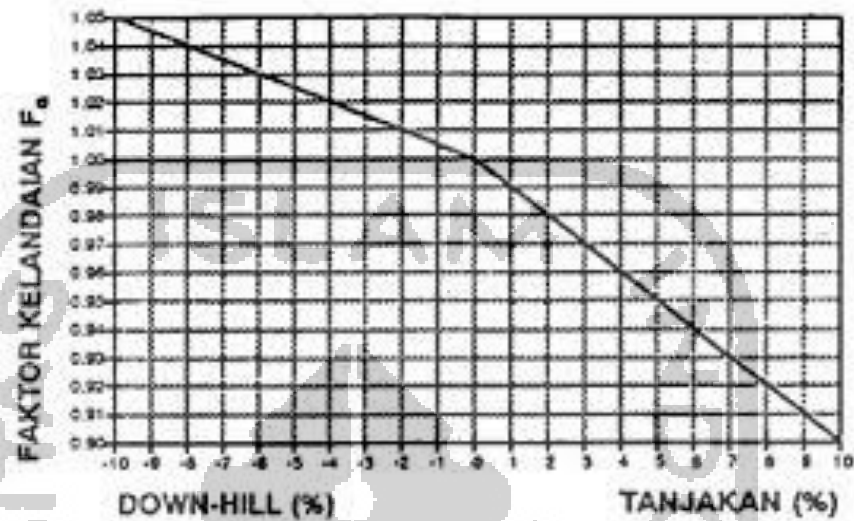
Tabel 3.4 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

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: Direktorat Jenderal Bina Marga)

3.2.6 Faktor Penyesuaian Kelandaian

Faktor penyesuaian kelandaian (F_g) ditentukan dari Gambar 3.1 berikut ini:

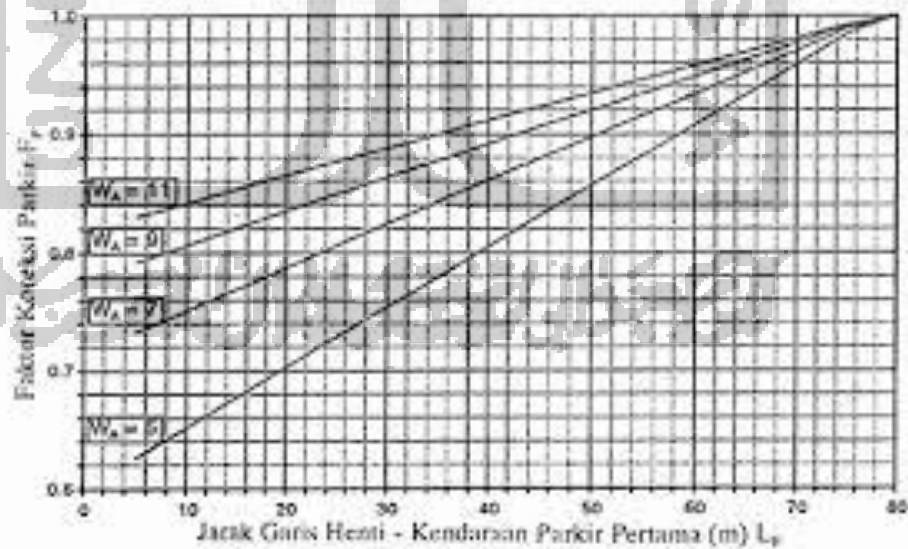


Gambar 3.1 Grafik Faktor Penyesuaian Untuk Kelandaian

(sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga)

3.2.7 Faktor Penyesuaian Parkir

Faktor penyesuaian parkir (F_p) ditentukan dari Gambar 3.2 berikut ini:



Gambar 3.2 Grafik Faktor Penyesuaian Parkir F_p

(sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga)

3.2.8 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Waktu siklus (*Cycle Time*) adalah waktu selama satu urutan lengkap dari fase-fase sinyal lalu lintas, satuan dalam detik. Fase (*Phase*) adalah satu tahapan sinyal dalam waktu mana satu atau lebih pergerakan lalu lintas mendapatkan kesempatan bergerak. Waktu siklus optimal (*Optimum cycle time, C_o*), adalah waktu siklus yang memberikan nilai minimum untuk parameter kinerja yang dipilih seperti tundaan, panjang antrian, jumlah *stop* per detik. Waktu hilang (*Lost time, L*) adalah perioda waktu yang secara efektif hilang (tidak dimanfaatkan oleh pergerakan lalu lintas). *Sumber: MKJI 1997.*

Waktu siklus dan waktu hijau terbagi menjadi 3, yaitu sebagai berikut:

1. Waktu siklus sebelum penyesuaian

Hitung waktu siklus sebelum penyesuaian untuk pengendalian waktu tetap.

$$c_{ua} = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \quad (1)$$

Dengan:

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

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

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

2. Waktu hijau

Hitung waktu hijau (g) untuk masing-masing fase:

$$g_i = (c_{ua} - LTI) \times PR \quad (2)$$

Dengan:

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 FR_{CRIT} / \sum

3. Waktu siklus yang disesuaikan

Hitung waktu siklus yang disesuaikan (c) berdasar pada waktu hijau yang diperoleh dan telah dibulatkan dan waktu hilang (LTI).

$$C = \sum g + LTI \quad (3)$$

3.2.9 Faktor Penyesuaian Gerakan Belok Kanan

Faktor ini ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan PRT. Faktor penyesuaian gerakan belok kanan hanya berlaku untuk kendaraan

terlindung, tanpa median, jalan dua arah, dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

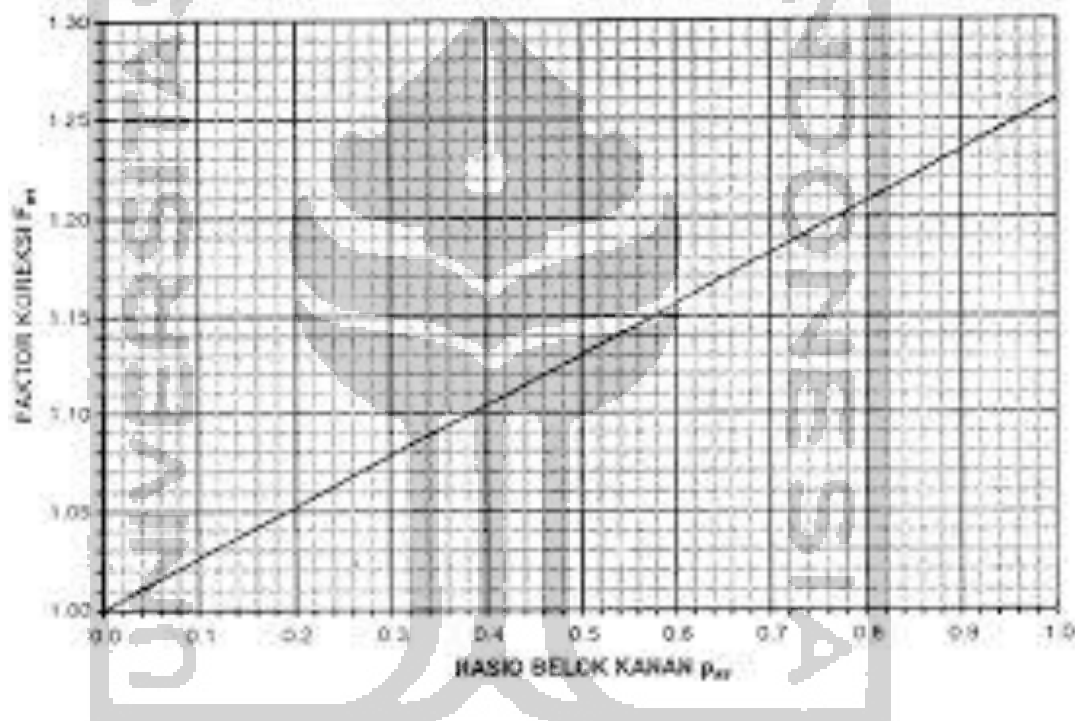
$$F_{RT} = 1,0 + PRT \times 0,26 \quad (4)$$

Dengan :

F_{RT} = faktor penyesuaian belok kanan

PRT = rasio belok kanan

Faktor penyesuaian belok kanan juga dapat diperoleh nilainya menggunakan Gambar grafik 3.3 berikut ini:



Gambar 3.3 Grafik Rasio Belok Kanan F_{RT}

(sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga)

3.2.10 Faktor Penyesuaian Gerakan Belok Kiri

Faktor ini ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan. Faktor penyesuaian gerakan belok kiri hanya untuk pendekatan tipe p tanpa LTOR, dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

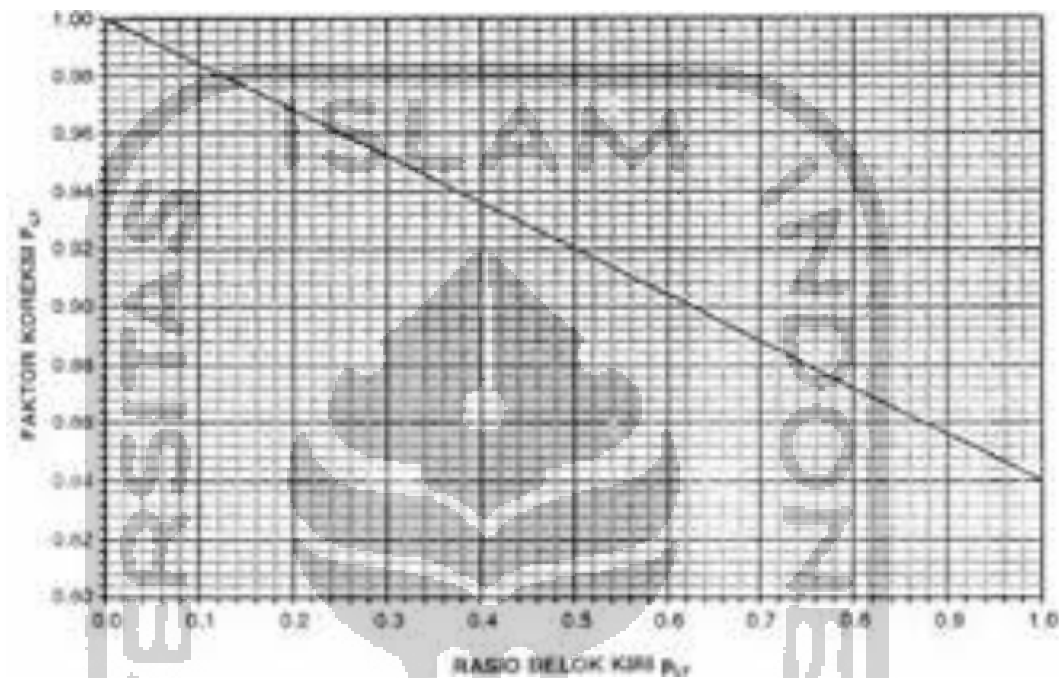
$$F_{LT} = 1,0 - PLT \times 0,16 \quad (5)$$

Dengan :

F_{LT} = faktor penyesuaian belok kiri

PLT = rasio belok kiri

Faktor penyesuaian belok kiri juga dapat diperoleh nilainya menggunakan gambar grafik 3.4 berikut ini:



Gambar 3.4 Grafik Rasio Belok Kiri F_{LT}

(sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga)

3.2.11 Tundaan

Menurut Robertson (1994) tundaan adalah waktu yang hilang dari suatu perjalanan kendaraan akibat adanya gangguan oleh satu atau beberapa elemen dalam suatu aliran lalu lintas. Tundaan yang disebabkan oleh adanya gangguan pada arus lalu lintas akan mengakibatkan kinerja dari sistem lalu lintas terganggu. Tundaan akibat hentian (*stopped delay*) adalah tundaan yang terjadi pada kendaraan dengan kendaraan tersebut berada dalam kondisi benar-benar berhenti pada kondisi mesin masih hidup (*stationer*). Kondisi ini bila berlangsung lama maka pada akhirnya akan mengakibatkan suatu kemacetan. Tundaan menggambarkan suatu kondisi yang tidak produktif, terutama dinilai dalam bentuk uang dalam hal ini dalam konsumsi bahan bakar.

Tundaan akan mengakibatkan selisih waktu antara kecepatan perjalanan dan kecepatan bergerak. Pada sebagian besar pertemuan jalan, waktu operasi akan

hilang terutama sekali pada pertemuan jalan sebidang, baik yang tidak diatur oleh lampu sinyal maupun yang diatur oleh lampu sinyal. Dalam kondisi kemacetan, waktu yang hilang akibat tundaan dan panjang antrian merupakan parameter yang sangat sesuai esensial dan merupakan hal yang sangat penting untuk ditangani.

Tundaan dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997, disebutkan merupakan waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui suatu simpang. Tundaan terdiri dari tundaan lalu lintas dan tundaan geometri. Tundaan lalu lintas (*Vehicles Interaction Delay*) adalah waktu menunggu yang disebabkan oleh interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang bertentangan. Tundaan Geometri (*Geometric Delay*) adalah disebabkan oleh perlambatan dan percepatan kendaraan yang membelok simpang dan atau yang terhenti oleh lampu merah.

Menurut sifatnya tundaan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

1. Tundaan operasional (*Operational Delay*)

Adalah tundaan yang terjadi karena gangguan sebagai akibat terjadinya interaksi antara komponen lalu lintas yang meliputi :

- a. Gangguan samping seperti parkir kendaraan, pejalan kaki, perlambatan kendaraan lain, dan simpang tanpa lampu pengatur.
- b. Gangguan internal sebagai akibat interaksi internal dalam aliran lalu lintas seperti kemacetan akibat volume kendaraan yang tinggi dan akibat maneuver antar kendaraan.

2. Tundaan tetap (*Fixed Delay*)

Merupakan suatu tundaan akibat adanya gangguan yang bersifat tetap seperti simpang bersinyal, rambu stop (*stop sign*), rambu yield (*yield sign*), dan persimpangan sebidang jalan raya dengan jalan kereta api.

Kedua jenis tundaan tersebut menyebabkan adanya tambahan waktu pada suatu perjalanan atau ada waktu yang hilang. Beberapa definisi tentang tundaan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

- a. *Stopped Delay* adalah waktu saat kendaraan berada dalam kondisi stationer akibat adanya aktifitas di persimpangan. *Stopped Delay* disini sama pengertiannya dengan stopped time.

- b. *Time in queue delay* adalah waktu sejak kendaraan pertama berhenti sampai kendaraan tersebut keluar dari antrian. Pada persimpangan, waktu kendaraan tersebut dari antrian dihitung saat kendaraan melewati *stop line*.

3.2.12 Panjang Antrian

Antrian kendaraan adalah fenomena transportasi yang tampak sehari-hari. Antrian dalam 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. Gerakan kendaraan yang berada dalam antrian akan dikontrol oleh gerakan di depannya atau kendaraan tersebut dihentikan oleh komponen lain dari sistem lalu lintas.

Dalam MKJI, antrian yang terjadi pada suatu pendekat adalah jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ) yang merupakan jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya ($NQ1$) dan jumlah smp yang datang selama waktu merah ($NQ2$) yang persamaannya dituliskan seperti berikut ini:

$$NQ = NQ1 + NQ2 \quad (6)$$

Panjang antrian (QL) pada suatu pendekat adalah hasil perkalian jumlah rata-rata antrian pada awal sinyal hijau (NQ) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp ($20m^2$) dan pembagian dengan lebar masuk, yang persamaannya dituliskan sebagai berikut:

Dengan:

$$QL = NQMax \times \frac{20}{W_{masuk}} \quad (7)$$

Dari nilai derajat kejenuhan dapat digunakan untuk menghitung jumlah antrian ($NQ1$) yang merupakan sisa dari fase terdahulu yang dihitung dengan rumus berikut :

Untuk $DS > 0,5$

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

Dengan:

$NQ1$ = jumlah smp yang tersisa dari fase sebelumnya

DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau (g/c)

C = kapasitas (smp/jam)

Untuk $DS < 0,5$: $NQ1 = 0$

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

$$NQ2 = c \times \frac{1-GR}{(1-GR) \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (9)$$

Dengan:

$NQ2$ = jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau (g/c)

c = waktu siklus (detik)

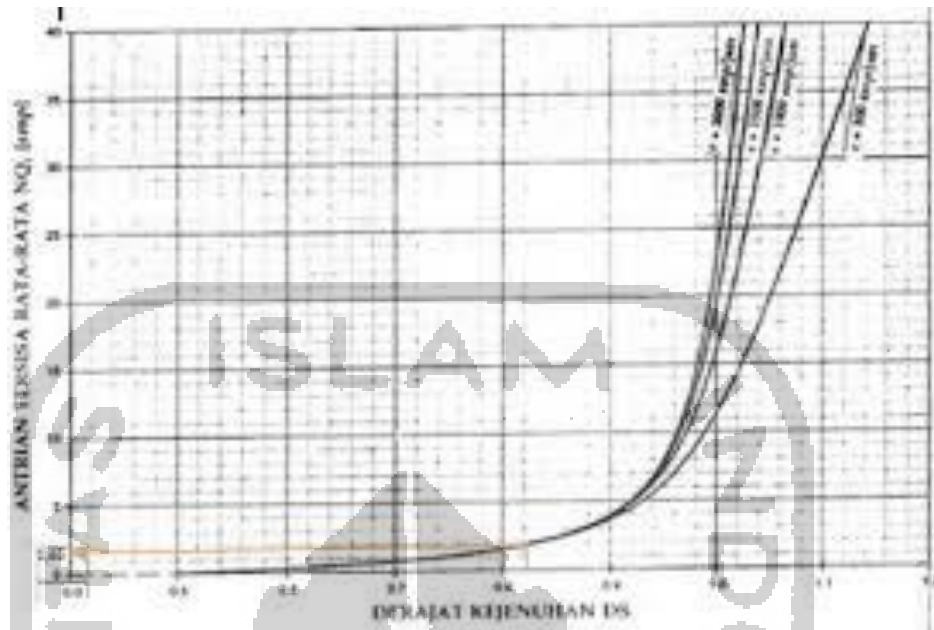
Q_{masuk} = arus lalu lintas pada tempat diluar LTOR (smp/jam)

Jika lebar jalur dan arus lalu lintas telah digunakan pada penentuan waktu sinyal, arus yang digunakan adalah Q_{keluar} . Agar diperoleh nilai arus simpang total yang benar, penyesuaian terhadap arus tercatat untuk seluruh pendekat.

$$NQ = NQ1 + NQ2$$

Untuk menentukan NQ_{max} dapat dicari berdasarkan grafik peluang untuk pembebanan lebih. Untuk perencanaan dan desain disarankan nilai $P_{OL} \leq 5\%$, untuk operasional disarankan $P_{OL} = 5 - 10\%$. Penghitungan panjang antrian (QL) didapat dari hasil perkalian antara NQ_{max} dengan rata-rata yang ditempati tiap smp ($20m^2$) dan dibagi lebar masuk (W_{masuk}), yang dirumuskan dibawah ini:

$$QL = \frac{NQ_{max} \times 20}{W_{masuk}} \quad (10)$$



Gambar 3.5 Jumlah kendaraan antri (smp) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ1)

(sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga)

3.2.13 Arus Lalu Lintas (*Traffic flow*)

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997), perhitungan arus lalu lintas dilakukan per satuan jam untuk satu arah atau lebih periode, misalnya didasarkan pada kondisi arus lalu lintas rencana jam puncak pagi, siang dan sore. Pada kenyataannya, arus lalu lintas tidak selalu sama setiap saat. Variasi yang terjadi selama satu jam dinyatakan dalam faktor jam puncak (*Peak Hour Factor/PHF*), yaitu perbandingan antar lalu lintas jam puncak dengan 4 kali 15 menitan arus lalu lintas tertinggi pada jam yang sama.

3.2.14 Kapasitas Simpang (C)

Kapasitas adalah kemampuan simpang untuk menampung arus lalu lintas maksimum per satuan waktu dinyatakan dalam smp/jam hijau. Kapasitas pada simpang dihitung pada setiap pendekat ataupun kelompok lajur didalam suatu pendekat.

Kapasitas simpang dinyatakan dengan rumus :

$$C = S \times g/c \quad (11)$$

Dengan:

C = Kapasitas (smp/jam hijau);

S = Arus Jenuh (smp/jam hijau);

g = Waktu hijau (detik);

c = Panjang siklus (detik).

3.2.15 Arus Jenuh

Arus jenuh pada suatu simpang yaitu besarnya keberangkatan antrian didalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan (smp/jam hijau). Dalam menghitung kondisi arus jenuh digunakan rumus sebaga berikut:

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \text{ smp/jam hijau} \quad (12)$$

Dengan:

S_0 = Arus jenuh dasar

F_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota

F_{SF} = Faktor hambatan samping

F_G = Faktor penyesuaian kelandaian

F_P = Faktor penyesuaian parkir

F_{RT} = Faktor rasio belok kanan

F_{LT} = Faktor rasio belok kiri

3.2.16 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 maneuver, keamanan, kenyamanan pengemudi, dan ongkos operasi (*operationcost*), sehingga *LOS* sebagai tolak ukur kualitas suatu kondisi lalu lintas, maka volume pelayanan harus kurang dari kapasitas jalan itu sendiri. *LOS* yang tinggi didapatkan apabila *cycletime*-nya pendek, sebab *cycletime* yang pendek akan menghasilkan *delay* yang kecil. Dalam klasifikasi pelayanannya *LOS* dibagi menjadi 6 tingkatn yaitu :

Tingkat tundaan dapat digunakan sebagai indikator tingkat pelayanan, baik untuk setiap pendekat maupun seluruh persimpangan. Kaitan antara tingkat pelayanan dan lamanya tundaan dapat dilihat pada Tabe; 3.5 berikut ini:

Tabel 3.5 Tundaan Berhenti pada Beberapa Tingkat Pelayanan (LOS)

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: Direktorat Jenderal Bina Marga)

3.2.17 Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar untuk setiap jenis moda transportasi secara umum sangat dipengaruhi oleh atribut kendaraan, atribut jalan, dan faktor regional pengoperasiannya (Watanadata et al, 1987). Model konsumsi bahan bakar dikelompokkan ke dalam 4 kategori berdasarkan proses pengumpulan data dan analisisnya (Taylor and Young, 1996), yakni: *instantaneous model*, *elemental model*, *running speed model*, dan *average travel speed model*. Model paling sederhana dan aplikatif untuk perencanaan adalah *average travel speed model*, di mana variabel model dapat diramalkan secara konsisten di sepanjang tahun tinjauan. Secara agregat persamaan yang menggambarkan tingkat konsumsi bahan bakar (F) per satuan jarak tertentu untuk suatu tipe kendaraan atau moda transportasi tertentu dengan pendekatan *average travel speed model* adalah sebagai berikut (Khristy and Lall, 1990)

$$F = (k1 + k2) \times T \quad (13)$$

Dimana $k1$ dan $k2$ adalah koefisien yang berkaitan dengan tipe kendaraan dan koefisien parameter jarak atau waktu perjalanan. Terdapat beberapa penelitian pernah dilakukan untuk membentuk model konsumsi bahan bakar di Indonesia, antara lain: Pacific Consultant International / PCI (1979), HDM-World Bank (1987), RUCM-Bina Marga dan Hoff & Overgaard (1992), LAPI ITB (1996). LAPI ITB mengajukan formulasi konsumsi bahan bakar yang dikembangkan dari PCI sebagai berikut:

$$\text{Konsumsi Bahan Bakar} = \text{basic fuel} (1 \pm (kk + kl + kr))$$

Dengan :

Basic fuel = konsumsi bahan bakar dasar dalam liter (liter/1000km),

Kk = koreksi akibat kelandaian,

Kl = koreksi akibat kondisi lalu lintas,

Kr = koreksi akibat kekasaran jalan (*roughness*).

Basic fuel untuk setiap golongan kendaraan sebagai berikut:

$$\text{Basic fuel Kendaraan Gol.I} = 0,0284 V^2 - 3,0644 V + 141,68 \quad (14)$$

$$\text{Basic fuel Kendaraan Gol.IIA} = 2,26533 * \text{Basic fuel Gol. I} \quad (15)$$

$$\text{Basic fuel Kendaraan Gol.IIB} = 2,90805 * \text{Basic fuel Gol. I} \quad (16)$$

Dengan:

V = kecepatan kendaraan (km/jam)

Kendaraan golongan I = sedan, jeep, pick up, bus kecil, truk (3/4). Dan bus sedang,

Kendaraan golongan IIA = truk besar dan bus besar, dengan 2 gandar, sedangkan

Kendaraan golongan IIB = truk besar dan bus besar dengan 3 gandar atau lebih.

Tabel 3.6 Faktor Koreksi Konsumsi Bahan Bakar Dasar Kendaraan

Faktor Koreksi	Keterangan	Batasan Kondisi	Koreksi
Koreksi Kelandaian Negatif (kk)	g = kelandaian (<i>gradient</i>)	$g < -5\%$	-0,337
		$-5\% < g < 0\%$	-0,158
Koreksi Kelandaian Positif (kk)	g = kelandaian (<i>gradient</i>)	$0\% < g < 5\%$	0,400
		$g > 5\%$	0,820
Koreksi Lalu Lintas (kl)	v/c = <i>volume per capacity ratio</i>	$0 < v/c < 0,6$	0,050
		$0,6 < v/c < 0,8$	0,185
		$v/c > 0,8$	0,253
Koreksi Kekasaran (kr)	r = <i>roughness</i>	$r < 3$ m/km	0,035
		$r > 3$ m/km	0,085

(Sumber: LAPI-ITB (1996))

Isnaeni (2003) meneliti indikator lalu lintas dari sisi lingkungan yaitu konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang yang didalam penelitian tersebut menghitung konsumsi bahan bakar dengan menggunakan formulasi konsumsi bahan bakar yang diajukan oleh LAPI-ITB yang telah dikonversikan ke dalam satuan mobil penumpang, sehingga konsumsi bahan bakar dapat diestimasi dengan persamaan berikut:

$$F_1 = A + BV + CV^2 \quad (17)$$

$$F_2 = EV^2 \quad (18)$$

$$F_3 = D \quad (19)$$

Dengan :

F_1 = Konsumsi BBM pada kecepatan konstan (liter/100 smp-km)

F_2 = Konsumsi BBM pada saat akselerasi/deselerasi (liter/smp)

F_3 = Konsumsi BBM pada saat *idle* (liter/smp-jam)

V = Kecepatan Kendaraan (km/jam)

$$A = 170.10^{-1} \quad B = -455.10^{-3} \quad C = 490.10^{-5} \quad D = 140.10^{-2} \quad E = 770.10^{-8} \quad (20)$$

Total konsumsi BBM pada simpang bersinyal menggunakan persamaan F_3 = konsumsi BBM pada saat *idel* (diam), berdasarkan lama tundaan pada saat lampu merah.