

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Transportasi

Menurut Morlok (1978), transportasi didefinisikan sebagai kegiatan memindahkan atau mengangkut sesuatu dari suatu tempat ke tempat lain.

Menurut Bowersox (1981), transportasi adalah perpindahan barang atau penumpang dari suatu tempat ke tempat lain, dimana produk dipindahkan ke tempat tujuan dibutuhkan. Dan secara umum transportasi adalah suatu kegiatan memindahkan sesuatu (barang dan/atau barang) dari suatu tempat ke tempat lain, baik dengan atau tanpa sarana.

Menurut Steenbrink (1974), transportasi adalah perpindahan orang atau barang dengan menggunakan alat atau kendaraan dari dan ke tempat – tempat yang terpisah secara geografis.

2.2. Simpang Jalan

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), simpang adalah tempat berbelok atau bercabang dari yang lurus.

Simpang dapat didefinisikan sebagai daerah umum dimana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas di dalamnya (Khisty. C.J dan Kent L.B, 2003).

Menurut Khisty (2003), persimpangan dibuat dengan tujuan untuk mengurangi potensi konflik diantara kendaraan (termasuk pejalan kaki) dan sekaligus menyediakan kenyamanan maksimum dan kemudahan pergerakan bagi kendaraan.

Secara umum terdapat tiga jenis persimpangan, yaitu : (1) persimpangan sebidang, (2) pembagian jalur jalan tanpa ramp, dan (3) simpang susun. Persimpangan sebidang adalah persimpangan di mana dua jalan atau lebih bergabung, dengan tiap jalan mengarah keluar dari sebuah persimpangan dan membentuk bagian darinya. Jalan – jalan ini disebut kaki persimpangan. Pada persimpangan sebidang menurut jenis fasilitas pengatur lalu lintasnya dipisahkan menjadi 2 (dua) bagian :

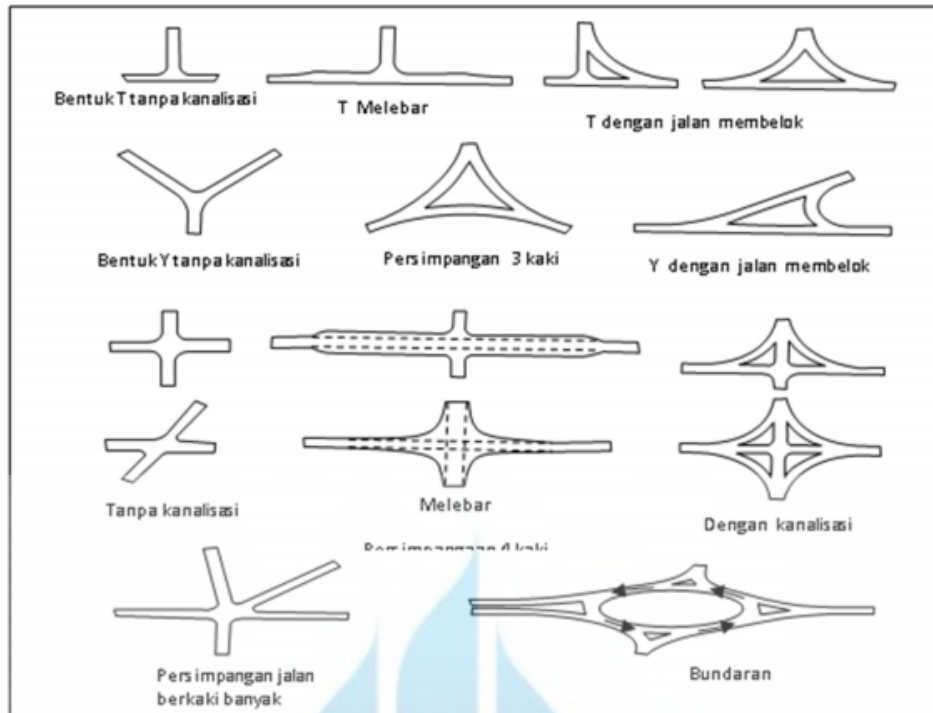
1. Simpang tidak bersinyal adalah jenis simpang jalan yang paling banyak ditemui di perkotaan. Jenis ini cocok diterapkan apabila arus lalu lintas pada jalan utama sangat tinggi sehingga resiko kecelakaan bagi pengendara pada jalan minor meningkat (akibat terlalu berani mengambil gap yang kecil), maka dipertimbangkan adanya sinyal lalu lintas. Simpang tak bersinyal secara formal dikendalikan oleh aturan dasar lalu lintas Indonesia yaitu memberikan jalan kepada kendaraan dari kiri. Ukuran – ukuran yang menjadi dasar kinerja simpang tak bersinyal adalah kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, dan peluang antrian (MKJI, 1997)

2. 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 pada perimpangan antara lain :

a. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas puncak.

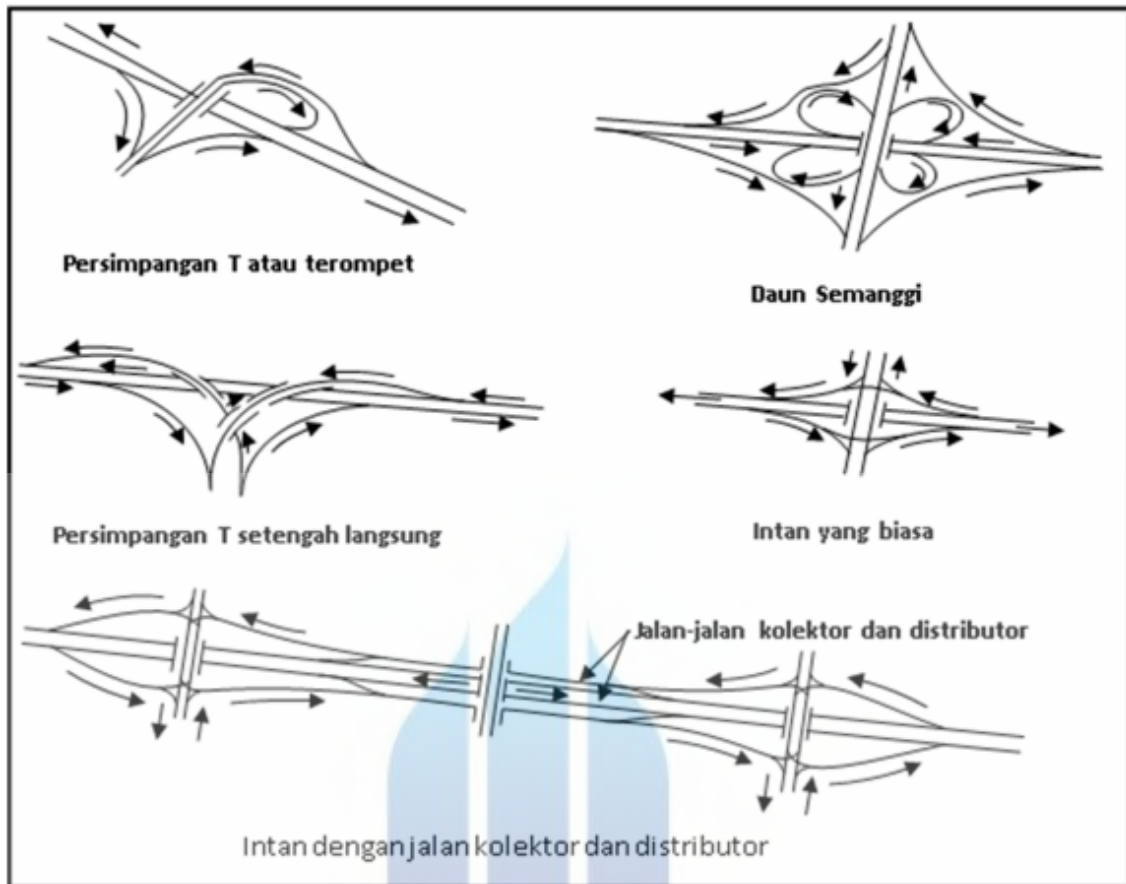
b. Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk memotong jalan utama.

c. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan dari arah yang bertentangan.



Gambar 2. 1 Contoh – contoh persimpangan sebidang
Sumber Morlok, E. K. (1991)

Sedangkan persimpangan tak sebidang, sebaliknya yaitu memisah lalu lintas pada jalur yang berbeda sehingga persimpangan 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 susun disajikan secara visual pada gambar berikut.



Gambar 2. 2 Contoh – contoh persimpangan tidak sebidang.

Sumber : Morlok, E.K, (1991)

2.3. Simpang Bersinyal

2.2.1. Arus Lalu Lintas

Menurut MKJI (1997), arus lalu lintas (Q) untuk setiap gerakan (belok kiri Q_{LT} , lurus Q_{ST} , dan belok kanan Q_{RT}) dikonversikan dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) perjam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing – masing pendekatan terlindung dan terlawan. Nilai emp untuk jenis kendaraan berdasarkan pendekatan dapat terlihat pada Tabel 1.

Tabel 2.1 Nilai emp untuk jenis kendaraan berdasarkan pendekat

Jenis Kendaraan	Emp 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

Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997*

Untuk menghitung arus dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Q = Q_{LV} + Q_{HV} \times emp_{HV} + Q_{MC} \times emp_{MC} \dots\dots\dots (1)$$

Di mana :

- Q = Arus lalu lintas (smp/jam)
- QLV = Arus kendaraan ringan (kendaraan /jam)
- QHV = Arus kendaraan berat (kendaraan/jam)
- QMC = Arus sepeda motor (kendaraan/jam)
- emp_{HV} = emp kendaraan berat
- emp_{MC} = emp sepeda motor

2.2.2. Arus Jenuh

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), bahwa arus jenuh didefinisikan sebagai besarnya keberangkatan rata – rata antrian di dalam suatu pendekat simpang selama sinyal hijau yang besarnya dinyatakan dalam satuan smp perjam hijau (smp/jam hijau).

Adapun nilai arus jenuh suatu persimpangan bersinyal dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{LT} \times F_{RT} \dots\dots\dots (2)$$

Di mana :

S = arus jenuh (smp/waktu hijau efektif)

S₀ = arus jenuh dasar (smp/waktu hijau efektif)

F_{CS} = faktor koreksi arus jenuh akibat ukuran kota (jumlah penduduk)

F_{SF} = faktor koreksi arus jenuh akibat adanya gangguan samping

F_G = faktor koreksi arus jenuh akibat kelandaian jalan

F_P = faktor koreksi arus jenuh akibat adanya kegiatan perparkiran dekat lengan persimpangan

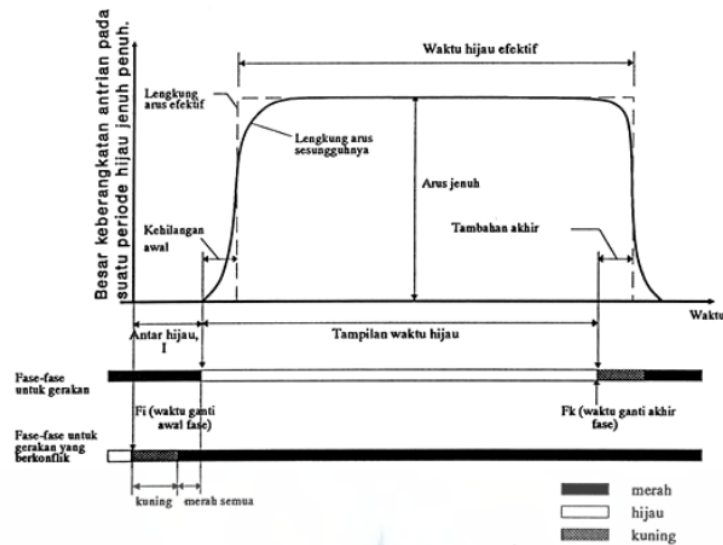
F_{LT} = faktor koreksi kapasitas akibat adanya pergerakan belok kiri

F_{RT} = faktor koreksi kapasitas akibat adanya pergerakan belok kanan

Besar setiap faktor koreksi arus jenuh sangat tergantung pada tipe persimpangan. Penjelasan lebih rinci mengenai nilai setiap faktor koreksi arus jenuh bisa ditemukan dalam MKJI (1997). Untuk pendekatan terlindung arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekatan :

$$S_0 = 600 \times W_e \dots\dots\dots (3)$$

Penggambaran arus jenuh dengan menggunakan metode Webster terlihat pada gambar berikut :



Gambar 2. 3 Model dasar arus jenuh

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.2.3. Faktor – faktor Penyesuaian

a. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (FCcs)

Berdasarkan MKJI 1997, faktor penyesuaian ukuran kota ditentukan berdasarkan jumlah penduduk kota (juta) yang akan diteliti. Faktor penyesuaian ukuran kota (FCcs) diperoleh dari tabel berikut ini.

Tabel 2.2. Faktor penyesuaian FCcs untuk pengaruh ukuran kota pada kapasitas jalan perkotaan

Ukuran Kota (Juta Penduduk)	Faktor Penyesuaian untuk ukuran kota (FCcs)
<0,1	0,86
0,1 – 0,5	0,9
0,5 – 1,0	0,94
1,0 – 3,0	1,00
>3,0	1,04

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

b. Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Hambatan samping adalah interaksi antara lalu lintas dan kegiatan yang terjadi di samping jalan yang mengakibatkan adanya pengurangan terhadap arus jenuh di dalam pendekat.

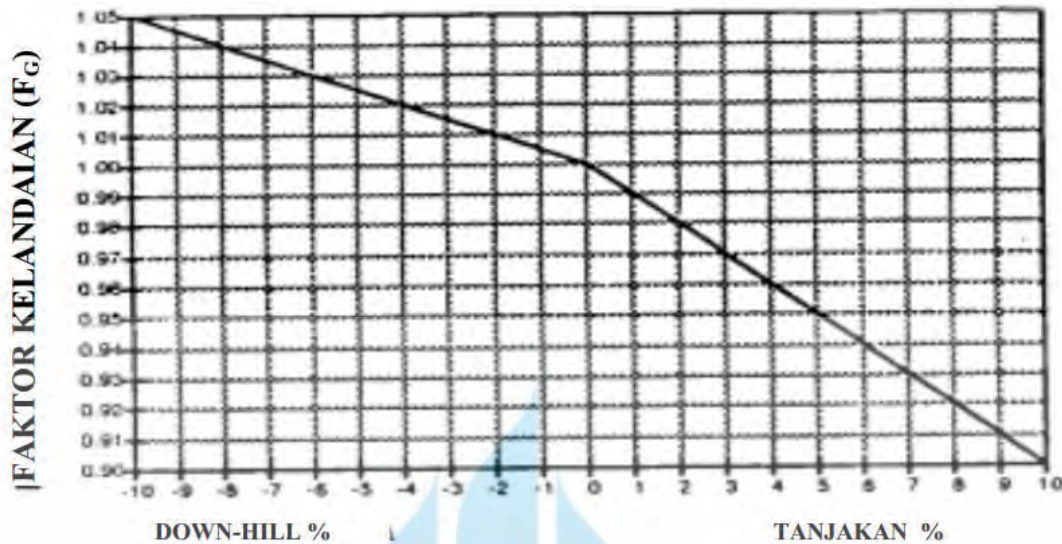
Tabel 2.3. Faktor penyesuaian untuk tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥ 0,25
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
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	0,75
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,88
Akses terbatas (RA)	Tinggi /	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
	Sedang /							
	Rendah	Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

c. Faktor Penyesuaian Kelandaian

Faktor kelandaian dapat ditentukan dari gambar berikut.



Gambar 2.4 Faktor Penyesuaian untuk kelandaian
 Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997*

d. Faktor Penyesuaian Parkir

Faktor penyesuaian parkir dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$F_p = \left[\frac{L_p}{3} (W_a - 2) \sqrt{\frac{L_p}{3g} + W_a} \right] / g \dots\dots\dots (4)$$

Di mana :

L_p = Jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir perama (m) atau panjang dari lajur pendek

W_a = Lebar pendekat

g = Waktu hijau pada pendekat

e. Faktor Penyesuaian Gerakan Belok Kanan

Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan P_{RT} . Faktor penyesuaian belok kanan hanya berlaku untuk kendaraan terlindung, tanpa median, jalan dua arah, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

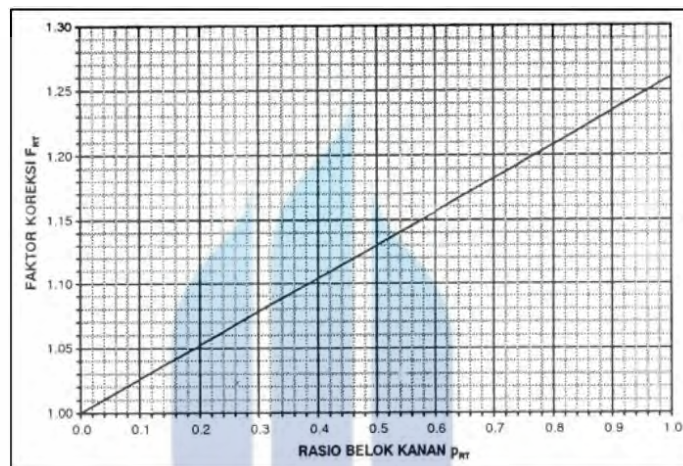
$$F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \times 0,26 \dots\dots\dots (5)$$

Di mana :

F_{RT} = faktor penyesuaian belok kanan

P_{RT} = rasio belok kanan

Faktor penyesuaian belok kanan juga dapat diperoleh nilainya menggunakan gambar berikut.



Gambar 2.5 Faktor penyesuaian belok kanan
 Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

f. Faktor Penyesuaian Belok Kiri

Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kiri P_{LT} . Faktor penyesuaian belok kiri hanya untuk pendekat tipe p tanpa LTOR, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

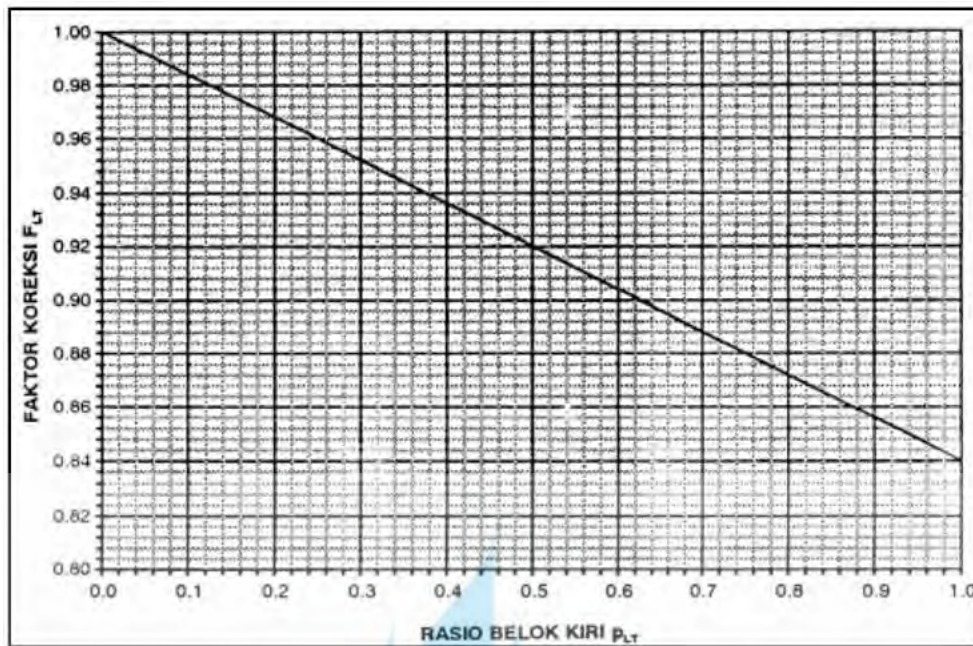
$$F_{LT} = 1,0 - P_{LT} \times 0,16 \dots\dots\dots (6)$$

Di mana :

F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri

P_{LT} = rasio belok kiri

Faktor penyesuaian belok kiri juga dapat diperoleh nilainya menggunakan gambar berikut.



Gambar 2. 6 Faktor Penyesuaian belok kiri
 Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997*

2.2.4. Waktu Sinyal

Penentuan waktu sinyal untuk keadaan dengan kendali tetap dilakukan berdasarkan metoda Webster (MKJI, 1997) untuk meminimumkan tundaan total pada suatu simpang. Pertama – tama menentukan waktu siklus (c), selanjutnya waktu hijau (g) pada masing – masing fase (i).

a. Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian

Volume lalu lintas mempengaruhi panjang waktu pada *fixed time operation*. Panjang waktu siklus akan mempengaruhi tundaan kendaraan rata – rata yang melewati simpang.

$$c_{ua} = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \dots\dots\dots (7)$$

di mana :

c_{ua} = waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (detik)

LTI = jumlah waktu hilang per siklus (detik)

IFR = rasio arus simpang $\sum FR_{crit}$

Pada tabel berikut dapat terlihat siklus yang disarankan untuk tipe pengaturan fase yang berbeda.

Tabel 2.4. Waktu siklus yang disarankan

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus Yang Layak (detik)
Pengaturan dua fase	40 – 80
Pengaturan tiga fase	50 – 100
Pengaturan empat fase	80 – 130

Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997*

b. Waktu Hijau

Pada umumnya pembagian waktu hijau pada kinerja suatu simpang bersinyal lebih peka terhadap kesalahan daripada panjangnya waktu siklus.

$$g_i = (cua - LTI) \times PR_i \dots\dots\dots (8)$$

di mana :

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (detik)

cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian

LTI = Jumlah waktu hilang per siklus (detik)

PR_i = Rasio fase $FR_{crit} / \sum FR_{crit}$

c. Waktu Siklus yang Disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan (c) sesuai waktu hijau yang diperoleh dan waktu hilang (LTI).

$$c = \sum g + LTI \dots\dots\dots (9)$$

di mana :

c = Waktu siklus yang disesuaikan (c)

2.2.5. Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

a. Kapasitas

Menurut MKJI 1997, perhitungan kapasitas dapat dibuat dengan pemisahan jalur pendekat, pada satu lengan dapat terdiri dari satu atau lebih pendekat, misal dibagi menjadi dua atau lebih sub pendekat. Hal ini diterapkan jika gerakan belok kanan mempunyai fase berbeda dari lalu lintas yang lurus atau dapat juga dengan merubah fisik jalan yaitu dengan membagi pendekat dengan pulau lalu lintas (*canalization*). Kapasitas (C) dari suatu pendekat simpang bersinyal dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$C = S \times \frac{g}{c} \dots\dots\dots (10)$$

Di mana :

- C = Kapasitas pendekat (smp/jam)
- S = Arus Jenuh (smp/jam hijau)
- g = Waktu hijau (detik)
- c = Waktu siklus

b. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan diperoleh dari :

$$DS = \frac{Q}{c} = \frac{(Q \times c)}{(S \times g)} \dots\dots\dots (11)$$

Di mana :

- DS = Derajat Kejenuhan
- Q = Arus lalu lintas (smp/jam)
- c = Kapasitas (smp/jam)

2.2.6. Perilaku Lalu Lintas

a. Panjang Antrian

Panjang antrian adalah panjangnya antrian kendaraan dalam suatu pendekat dan antrian dalam jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekat (kendaraan, smp). 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 :

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots\dots\dots (12)$$

Di mana :

NQ = Jumlah rata – rata antrian pada awal sinyal hijau

NQ₁ = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

NQ₂ = Jumlah smp yang datang selama waktu merah

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

1) Untuk DS > 5

$$NQ_1 = 0,25 \times Cx \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8x(DS - 5)}{c}} \right] \dots\dots\dots (13)$$

Di mana :

NQ₁ = Jumlah smp yang tersisa dari fase sebelumnya;

DS = Derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau (g/c)

C = Kapasitas (smp/jam)

2) Untuk DS ≤ 0,5 : NQ₁ = 0

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

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \dots\dots\dots (14)$$

Di mana :

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 di luar LTOR (smp/jam)

Panjang antrian (QL) didapatkan dari perkalian (Nq_{max}) dengan luar rata – rata yang dipergunakan per smp (20 m²) dan pembagian dengan lebar masuk (W_{masuk}). NQ_{max} didapat dengan menyesuaikan nilai NQ dalam hal peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih P_{OL} (%) dengan menggunakan grafik seperti terlihat pada gambar 2.7 untuk perencanaan dan desain disarankan nilai P_{OL} ≤ 5 %, untuk operasional disarankan P_{OL} = 5 – 10 %.

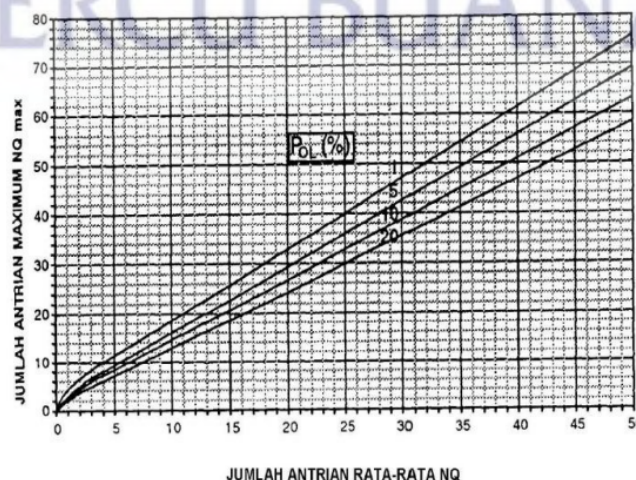
$$QL = Nq_{max} \times \frac{20}{W_{masuk}} \dots\dots\dots (15)$$

Di mana :

QL = Panjang antrian

Nq_{max} = Jumlah antrian maksimum

W_{masuk} = Lebar masuk



Gambar 2.7 Perhitungan jumlah antrian (NQ_{max}) dalam smp
 Sumber : MKJI, 1997

b. Angka Henti

Angka henti (NS) pada masing – masing pendekat adalah jumlah rata – rata kendaraan berhenti per smp, ini termasuk henti berulang sebelum melewati garis *stop* simpang. Untuk memperoleh nilai angka henti dapat menggunakan rumus seperti berikut :

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Qxc} \times 3600 \dots\dots\dots (16)$$

Di mana :

NS = Angka henti

NQ = Jumlah antrian

c = Waktu siklus (detik)

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

Perhitungan jumlah kendaraan terhenti (N_{sv}) untuk tiap pendekat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$N_{sv} = Q \times NS \dots\dots\dots (17)$$

Di mana :

N_{sv} = Jumlah kendaraan berhenti

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

NS = Angka henti

Perhitungan laju henti rata – rata untuk seluruh simpang dilakukan dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total Q dalam kendaraan/jam.

Berikut ini laju henti rata – rata dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$NS_{TOT} = \frac{\sum N_{sv}}{Q_{tot}} \dots\dots\dots (18)$$

Di mana :

NS_{TOT} = Laju henti rata – rata

$\sum N_{SV}$ = Jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat

Q_{TOT} = Arus simpang total (kendaraan/jam)

c. Rasio Kendaraan Terhenti

Menurut MKJI 1997, rasio kendaraan terhenti (P_{SV}) yaitu rasio kendaraan yang harus berhenti akibat sinyal merah sebelum melewati suatu simpang (i), dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$P_{SV} = \min NS_{(i)} \dots\dots\dots (19)$$

Di mana :

NS = Angka henti dalam suatu pendekat

d. Tundaan

Menurut MKJI 1997, tundaan pada suatu simpang dapat terjadi karena dua hal, yaitu :

1. Tundaan lalu lintas (DT) karena interaksi lalu lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang.
2. Tundaan geometri (DG) karena perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan/atau terhenti karena lampu merah.

Tundaan rata – rata untuk suatu pendekat j merupakan jumlah tundaan lalu lintas rata – rata (DT_j) dengan tundaan geometrik rata – rata (DG_j) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$D_j = DT_j + DG_j \dots\dots\dots (20)$$

Di mana :

D_j = Tundaan rata – rata pendekat j (detik/smp)

DT_j = Tundaan lalu lintas rata – rata untuk pendekat j (detik/smp)

DG_j = Tundaan geometri rata – rata untuk pendekat j (detik/smp)

Berdasarkan pada Akcekluk (MKJI, 1997) tundaan lalu lintas rata – rata (DT) pada suatu pendekat j dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$DT = c \times \frac{0,5x(1-GR^2)}{(1-GRxDS)} + \frac{NQ1x3600}{C} \dots\dots\dots (21)$$

Di mana :

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

c = Waktu siklus yang disesuaikan (det)

GR = Rasio hijau (g/c)

DS = Derajat kejenuhan

NQ1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

C = Kapasitas (smp/jam)

Tundaan geometri rata – rata (DG) pada suatu pendekat dapat diperkirakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$DG_j = (1 - p_{sv}) \times p_T \times 6 + (p_{sv} \times 4) \dots\dots\dots (22)$$

Di mana :

DG_j = Tundaan geometri rata – rata pada pendekat j (det/smp)

p_{sv} = Rasio kendaraan berhenti pada suatu pendekat

p_T = Rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

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

2.4. Tingkat Pelayanan (Level of Service)

Menurut Warpani (2002), tingkat pelayanan adalah ukuran kecepatan laju kendaraan yang dikaitkan dengan kondisi dan kapasitas jalan. Ada beberapa aspek penting lainnya yang dapat mempengaruhi tingkat pelayanan jalan antara lain : kenyamanan, keamanan, keterandalan, dan biaya perjalanan (tarif dan bahan bakar) (Morlok, 1991).

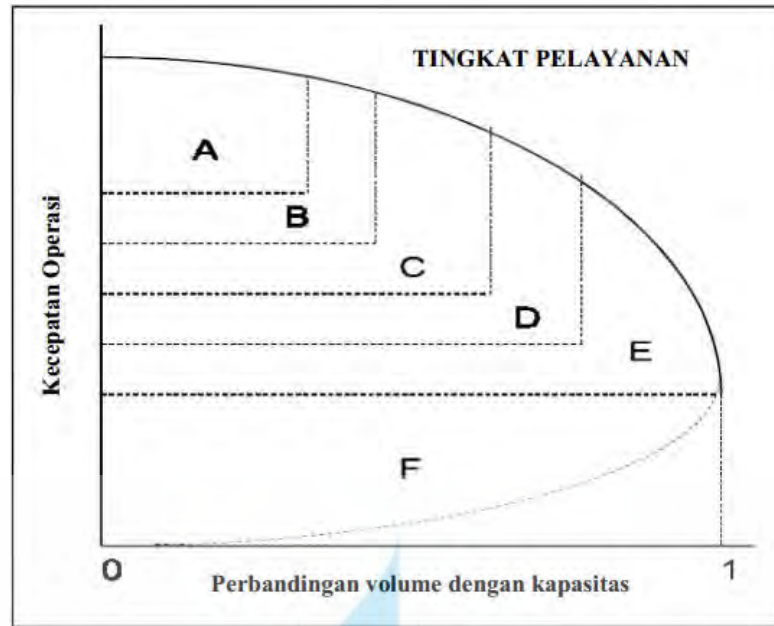
Menurut Tamin (2000), terdapat dua buah definisi tentang tingkat pelayanan suatu ruas jalan yang perlu dipahami.

1. Tingkat Pelayanan (tergantung – arus)

Hal ini berkaitan dengan kecepatan operasi atau fasilitas jalan, yang tergantung pada perbandingan antara arus terhadap kapasitas. Oleh karena itu, tingkat pelayanan pada suatu jalan tergantung pada arus lalu lintas.

Definisi ini digunakan oleh MKJI, diilustrasikan dengan gambar 2.8 yang mempunyai enam buah tingkat pelayanan, yaitu :

- a. Tingkat pelayanan A – arus bebas
- b. Tingkat pelayanan B – arus stabil (untuk merancang jalan antarkota)
- c. Tingkat pelayanan C – arus stabil (untuk merancang jalan perkotaan)
- d. Tingkat pelayanan D – arus mulai tidak stabil
- e. Tingkat pelayanan E – arus tidak stabil (tersendat – sendat)
- d. Tingkat pelayanan F – arus terhambat (berhenti, antrian, macet)

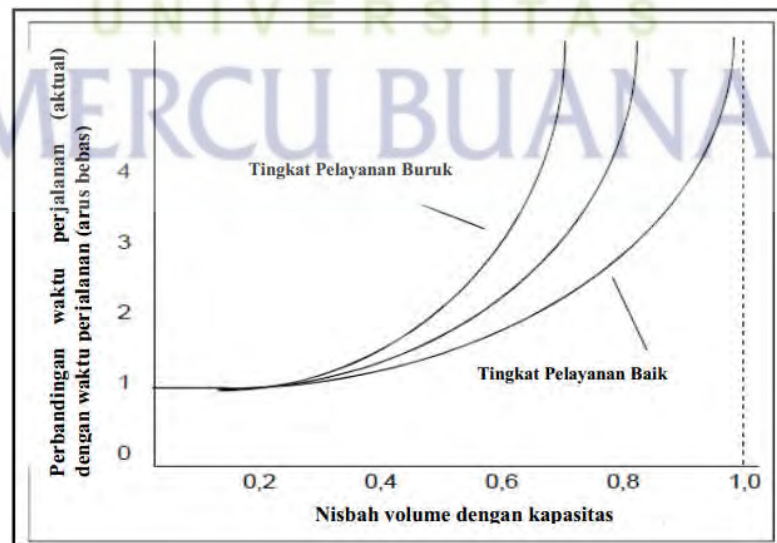


Gambar 2. 8 Tingkat pelayanan

Sumber : *Perencanaan dan Permodelan Transportasi Ofyar Z. Tamin, 2000*

2. Tingkat Pelayanan (tergantung – fasilitas)

Menurut Black (*Perencanaan dan Permodelan Transportasi, 2007*), tingkat pelayanan sangat tergantung pada jenis fasilitas, bukan arusnya. Jalan bebas hambatan mempunyai tingkat pelayanan yang tinggi, sedangkan jalan yang sempit mempunyai tingkat pelayanan yang rendah. Hal ini diilustrasikan dengan gambar berikut.



Gambar 2. 9 Hubungan antara nisbah waktu perjalanan (kondisi aktual/ arus bebas) dengan nisbah volume/kapasitas

Sumber : *Perencanaan dan Permodelan Transportasi Ofyar Z. Tamin, 2000*

Tabel 2.5. Tingkat Pelayanan

Tingkat Pelayanan	Tundaan (det/kendaraan)
A	$\leq 5,0$
B	5,1 – 15
C	15,1 – 25
D	25,1 – 40
E	40,1 – 60
F	≥ 60

Sumber : MKJI, 1997

2.5. Pengaturan Sinyal Lalu Lintas

Menurut Julianto (2007), pengaturan lalu lintas dengan menggunakan sinyal digunakan untuk beberapa tujuan, yang antara lain adalah :

1. Menghindari terjadinya kemacetan pada simpang yang disebabkan oleh adanya konflik arus lalu lintas yang dapat dilakukan dengan menjaga kapasitas yang tertentu selama lalu lintas puncak
2. Memberi kesempatan kepada kendaraan lain dan atau pejalan aki dari jalan simpang yang lebih kecil untuk memotong jalan utama.
3. Mengurangi terjadinya kecelakaan lalu lintas akibat pertemuan kendaraan yang berlawanan arah.

Pengaturan sinyal antar simpang ini diperlukan untuk mengoptimalkan kapasitas jaringan jalan karena dengan adanya pengaturan sinyal ini diharapkan tundaan (delay) yang dialami kendaraan dapat berkurang dan menghindarkan antrian kendaraan yang panjang.

2.6. Klasifikasi Jalan Raya

Klasifikasi jalan raya menunjukkan standard operasi yang dibutuhkan dan merupakan suatu bantuan yang berguna bagi perencana. Di Indonesia berdasarkan peraturan perencanaan geometrik jalan raya yang dikeluarkan oleh Bina Marga, jalan dibagi dalam kelas-kelas yang penetapannya berdasarkan fungsinya. Salah satunya yang saya bahas kali ini sesuai dengan kelasnya yaitu Jalan Arteri.

Jalan raya selain dibagi dalam kelas menurut fungsinya, juga dipertimbangkan besarnya volume serta sifat-sifat lalu lintas yang diharapkan akan melalui jalan yang bersangkutan. Volume dari lalu lintas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (SMP), yang menunjukkan besarnya jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR) untuk kedua jurusan.

1. Klasifikasi jalan raya berdasarkan fungsinya.

Menurut fungsinya jalan dikelompokkan ke dalam jalan arteri, jalan kolektor, jalan lokal, dan jalan lingkungan.

a. Jalan Arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk (akses) dibatasi.

b. Jalan Kolektor, merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

c. Jalan Lokal, merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

d. Jalan Lingkungan, merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

2. Klasifikasi berdasarkan beban muatan sumbu

Klasifikasi jalan menurut kelas berdasarkan Undang-Undang RI Nomor 22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan Jalan Pasal 19 adalah sebagai berikut :

a. Jalan Kelas 1, yaitu jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 (delapan belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 10 (sepuluh) ton.

b. Jalan Kelas II, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 (dua belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 (delapan) ton.

c. Jalan Kelas III, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 (dua ribu seratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 (sembilan ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 3.500 (tiga ribu lima ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 (delapan) ton.

d. Jalan Kelas Khusus, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang

melebihi 18.000 (delapan belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 (sepuluh) ton.

Tabel 2.6. Klasifikasi Jalan Raya Menurut Fungsinya

Fungsi	Kelas	LHR dalam SMP
<i>Arteri</i>	I	>20.000
<i>Kolektor</i>	IIA	6.000 s/d 20.000
	IIB	1.500 s/d 8.000
	IIC	< 2.000
<i>Lokal</i>	III	-

Sumber : MKJI, 1997

2.7. Jalan Perkotaan

Pengertian jalan perkotaan menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, merupakan segmen jalan yang mempunyai perkembangan secara permanen dan menerus sepanjang seluruh atau hampir seluruh jalan, minimum pada satu sisi jalan, apakah berupa perkembangan lahan atau bukan. Termasuk jalan di atau dekat pusat perkotaan dengan penduduk lebih dari 100.000, maupun jalan didaerah perkotaan dengan penduduk kurang dari 100.000 dengan perkembangan samping jalan yang permanen dan menerus.

Berdasarkan MKJI 1997 tentang penggunaan, ada 4 tipe jalan yang masuk kedalam karakteristik geometrik jalan perkotaan dan untuk jalan tak terbagi analisisnya berdasarkan gabungan kedua arah pergerakan lalu lintas sedangkan untuk jalan terbagi perlakuannya terpisah untuk masing - masing lintasan.

Berikut ini adalah beberapa tipe jalan perkotaan :

2.6.1 Jalan Dua Lajur Dua Arah (2/2 UD)

Kondisi dasar tipe jalan ini didefinisikan sebagai berikut:

1. Lebar jalur lalu lintas 7,0 m
2. Lebar bahu efektif 2 m pada masing - masing sisi
3. Tidak ada median
4. Pemisahan arah lalu lintas 50 - 50
5. Kelas hambatan samping rendah (L)
6. Ukuran kota 1,0 -3,0 juta

2.6.2 Jalan Empat Lajur Dua Arah :

1. Tak terbagi, tanpa median (4/2 UD)

Kondisi dasar tipe jalan ini didefinisikan sebagai berikut:

- a. Lebar jalur 3,5 m (lebar jalur lalu lintas total 14,0)
- b. Kereb (tanpa bahu)
- c. Jarak kereb dan penghalang terdekat pada trotoar 2 m
- d. Tidak ada median
- e. Pemisahan arah lalu lintas 50-50
- f. Kelas hambatan samping rendah (L)
- g. Ukuran kota 1,0 -3,0 juta
- h. Tipe alinyemen datar

2. Terbagi, dengan median (4/2 D)

Kondisi dasar tipe jalan ini didefinisikan sebagai berikut:

- a. Lebar lajur 3,5 m (lebar jalur lalu-lintas total 14,0 m)
- b. Kereb (tanpa bahu)
- c. Jarak antara kereb dan penghalang terdekat pada trotoar 2 m

- d. Median
- e. Pemisahan arah lalu-lintas 50 - 50
- f. Hambatan samping rendah
- g. Ukuran kota 1,0 – 3,0 juta

2.6.3 Jalan Enam Lajur Dua Arah Terbagi (6/2 D)

Kondisi dasar tipe jalan ini didefinisikan sebagai berikut:

1. Lebar jalur 3,5 (lebar jalur lalu lintas total 21,0 m)
2. Kereb (tanpa bahu)
3. Jarak antar kereb dan penghalang terdekat pada trotoar 2 m
4. Ada median
5. Pemisahan arah lalu lintas 50-50
6. Kelas hambatan samping rendah (L)
7. Ukuran kota 1,0 -3,0 juta
8. Tipe alinyemen datar

2.6.4 Jalan Satu Arah

Kondisi dasar tipe jalan ini didefinisikan sebagai berikut:

1. Lebar jalur lalu lintas 7 m
2. Lebar bahu paling efektif paling sedikit 2 m pada setiap sisi
3. Kelas hambatan samping rendah (L)
4. Ukuran kota 1,0 -3,0 juta
5. Tipe alinyemen datar

2.8. Arus dan Komposisi Lalu Lintas

Menurut MKJI 1997, nilai arus lalu lintas mencerminkan komposisi lalu lintas, dengan menyatakan arus dalam satuan mobil penumpang (smp). Semua nilai arus lalu lintas (per arah dan total) diubah menjadi satuan mobil penumpang (smp) dengan menggunakan

ekivalensi mobil penumpang (emp) yang diturunkan secara empiris untuk tipe kendaraan berikut ini.

1. Kendaraan ringan (LV), termasuk mobil penumpang, minibus, pick up, truk kecil, jeep.
2. Kendaraan berat (HV), termasuk truk dan bus.
3. Sepeda motor (MC).

2.9. Kecepatan

MKJI menggunakan kecepatan tempuh sebagai ukuran utama kinerja segmen jalan. Kecepatan tempuh merupakan kecepatan rata-rata (km/jam) arus lalu lintas dari panjang ruas jalan dibagi waktu tempuh rata-rata kendaraan yang melalui segmen jalan tersebut (MKJI 1997). Karena kecepatan yang terdistribusi secara luas terdistribusi secara bervariasi, maka diperhitungkan sebuah kecepatan perjalanan rata-rata. Jika terdapat waktu tempuh t_1 , t_2 , t_3 , dst yang diobservasi untuk n kendaraan yang melewati sebuah segmen dengan panjang L , maka kecepatan perjalanan rata-rata dapat dinyatakan :

- a. Time Mean Speed : Kecepatan rata-rata semua kendaraan yang melewati sebuah titik pada jalan pada waktu tertentu.
- b. Space Mean Speed : Kecepatan rata-rata dari semua kendaraan yang menempati suatu segmen jalan pada waktu tertentu.

Jenis kecepatan yang digunakan pada penelitian ini sebagai kecepatan hasil survey adalah kecepatan rata-rata ruang (Space Mean Speed). Space Mean Speed mempunyai arti kecepatan rata dari semua kendaraan yang menempati suatu segmen jalan pada waktu tertentu.

2.10. Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan Arus Bebas kendaraan menurut MKJI 1997 dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut ini :

$$FV = (FV_o + FV_w) \times FFV_{SF} \times FFV_{CS} \dots \dots \dots (23)$$

Keterangan :

FV = Kecepatan arus bebas kendaraan ringan (km/jam)

FV_o = Kecepatan Arus bebas dasar kendaraan ringan (km/jam)

FV_w = Penyesuaian lebar jalur lalu lintas efektif (km/jam) (penjumlahan)

FFV_{SF} = Faktor penyesuaian kondisi hambatan samping (perkalian)

FFV_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota (perkalian)

Untuk jalan tak terbagi, analisis kecepatan arus bebas dilakukan pada kedua arah lalu lintas. Untuk jalan terbagi, analisis dilakukan terpisah pada masing-masing arah lalu lintas, seolah - olah masing - masing arah merupakan jalan satu arah yang terpisah. (MKJI 1997).

2.10.1. Kecepatan Arus Bebas Dasar (FV_o)

Kecepatan arus bebas dasar (FV_o) diperoleh dari **tabel 2.7** :

Tabel 2.7. Kecepatan Arus Bebas Dasar

Tipe Jalan	Kecepatan arus bebas dasar (FV _o) (km/jam)			
	Kend Ringan (LV)	Kend Berat (HV)	Sepeda Motor (MC)	Kendaraan rata-rata
6/2 D atau 3/1	61	52	48	57
4/2 D atau 2/1	57	50	47	55
4/2 UD	53	46	43	51
2/2 UD	44	40	40	42

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.10.2. Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Untuk Lebar Jalur Lalu Lintas (FVw)

(MKJI 1997), penyesuaian jalur lalu lintas efektif merupakan penyesuaian untuk kecepatan arus bebas dasar sebagai akibat dari lebar jalur lalu lintas yang ada pada segmen suatu jalan. Variabel masukan yang digunakan adalah tipe jalan dan lebar jalur lalu lintas efektif (Wc). Adapun tabel penyesuaian kecepatan untuk lebar jalur lalu lintas pada **tabel 2.8**

Tabel 2.8. Penyesuaian Lebar Lalu Lintas Efektif

Tipe Jalan	Lebar jalur lalu lintas efektif (Wc) (m)	FVw (km/jam)
Empat lajur terbagi/jalan satu arah	Per lajur	
	3,00	-4
	3,25	-2
	3,50	0
	3,75	2
	4,00	4
Dua lajur tak terbagi	Per lajur	
	3.00	-4
	3,25	-2
	3,5	0
	3,75	2
	4.00	4
Empat lajur tak terbagi	Per lajur	
	3,00	-4
	3,25	-2
	3,5	0
	3,75	2
	4,00	4
	Per lajur	

Dua lajur tak terbagi	5	-9,5
	6	-3
	7	0
	8	3
	9	4
	10	6
	11	7

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

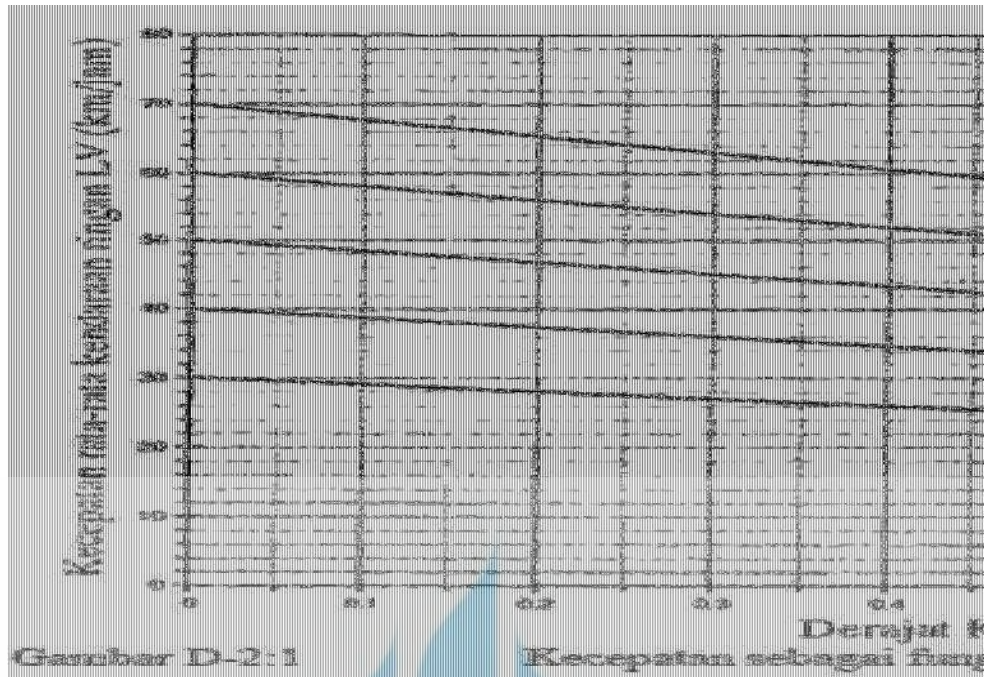
2.10.3. Faktor Penyesuaian Kecepatan Untuk Ukuran Kota (FFV_{cs})

Menurut MKJI 1997, faktor penyesuaian kecepatan untuk ukuran kota merupakan faktor penyesuaian arus bebas dasar yang merupakan akibat dari banyak populasi penduduk suatu kota. Tabel faktor penyesuaian kecepatan untuk ukuran kota dapat dilihat pada **tabel 2.9** berikut :

Tabel 2.9. Faktor Penyesuaian Kecepatan Untuk Ukuran Kota

Ukuran Kota (juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
< 0,1	0,90
0,1-0,5	0,93
0,5-1,0	0,95
1,0-3,0	1,00
> 3,0	1,03

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997



Gambar 2. 10 Derajat Kejenuhan Q/C Kecepatan sebagai fungsi dari DS untuk jalan 2/2 UD
 Sumber: MKJI, 1997

2.11. Tingkat Pelayanan Jalan

Penilaian kinerja ruas tidak hanya berupa kapasitas, tetapi juga penilaian tingkat pelayanan jalan yang berbentuk nilai V/C dari ruas tersebut. Tingkat pelayanan yang menjadi acuan untuk evaluasi adalah seperti pada **tabel 2.10** berikut :

Tabel 2.10. Hubungan Volume per Kapasitas (Q/C) dengan Tingkat Pelayanan Untuk Lalu Lintas Dalam Kota

Tingkat Pelayanan	Karakteristik	Kecepatan Ideal (km/jam)
A	$\leq 0,6$	≥ 80
B	$\leq 0,7$	≥ 40
C	$\leq 0,9$	≥ 25
E	~ 1	~ 25
F	> 1	< 15

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No: KM 14 Tahun 2006

Tabel 2.11. Karakteristik Tingkat Pelayanan (LOS)

Tingkat Pelayanan	Karakteristik	Batas V/C
A	a. Kondisi arus bebas dengan kecepatan tinggi b. Pengemudi dapat memilih kecepatan yang diinginkan tanpa tundaan/hambatan	0,00 - 0,20
B	a. Arus lalu lintas stabil tetapi kecepatan mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas b. Pengemudi memiliki kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatannya	0,21 - 0,44
C	a. Arus lalu lintas stabil tetapi kecepatan dan pergerakan kendaraan mulai dikendalikan b. Pengemudi memiliki keterbatasan dalam memilih kecepatan	0,45 - 0,74
D	Arus mendekati tidak stabil, kecepatan masih dapat dikendalikan dan V/C masih dapat ditolerir namun sangat terpengaruh oleh perubahan kondisi	0,75 - 0,84
E	a. Volume lalu lintas mendekati/berada pada kapasitasnya b. Arus lalu lintas tidak stabil dan kecepatan terkadang terhenti	0,85 - 1,00
F	a. Arus yang dipaksakan atau macet b. Kecepatan rendah dengan volume dibawah kapasitas c. Antrian panjang dan terjadi hambatan yang	>1,00

Sumber: US-HCM, (1994)

2.12. Kapasitas Jalan Perkotaan

MKJI 1997 mendefinisikan kapasitas sebagai arus maksimum melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam pada kondisi tertentu, yang dirumuskan untuk menghitung kapasitas jalan perkotaan adalah :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{Cs} \dots\dots\dots(24)$$

Dimana :

C_o : kapasitas dasar (smp/jam)

FC_{SP} : faktor penyesuaian pemisah arah

FC_w : faktor penyesuaian lebar jalur

FC_{SF} : faktor penyesuaian hambatan samping

FCcs : faktor penyesuaian ukuran kota

2.12.1 Kapasitas Dasar (C_0)

Dalam MKJI 1997, berdasarkan tipe jalan dan jumlah lajur seperti pada tabel 2.7

Tabel 2.12. Kapasitas Dasar Jalan Perkotaan

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

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.12.2 Penyesuaian Lebar Jalur (FC_w)

MKJI 1997 mendefinisikan penyesuaian terhadap lebar jalur ideal, seperti pada tabel 2.13

Tabel 2.13. Penyesuaian Lebar Jalur

Tipe jalan	Lebar jalur efektif (W_c) (m) Per lajur	FC_w
Empat lajur terbagi/jalan satu arah	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
	4,00	1,08
Empat lajur tak terbagi	Per lajur 3,00	0,91
	3,25	0,95
	3,50	1,00
	3,75	1,05
	4,00	1,09
	Total dua arah	
Dua lajur tak terbagi	5	0,56
	6	0,87
	7	1,00
	8	1,14
	9	1,25
	10	1,29
	11	1,34

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.12.3 Penyesuaian Hambatan Samping (FC_{SF})

Pada klasifikasi hambatan samping, MKJI 1997 membagi beberapa kategori menurut besar bobot kejadian per 200 m/jam, terdiri dari pejalan kaki, kendaraan berhenti dan parkir, kendaraan yang keluar dan masuk, serta arus kendaraan yang bergerak lambat.

Tabel 2.14. Kelas hambatan samping sesuai dengan bobot dan kondisi

Kelas hambatan samping	Kode	Jumlah berbobot kejadian/ 200 m/jam	Kondisi khusus
Sangat rendah	VL	< 100	Daerah pemukiman, jalan dengan jalan
Rendah	L	100 - 229	samping Daerah pemukiman, beberapa kendaraan umum, dll.
Sedang	M	300 - 499	Daerah industri, ruko
Tinggi	H	500 - 899	Daerah komersial, aktivitas sisi jalan tinggi
Sangat Tinggi	VH	>900	Dengan aktivitas pasar di samping jalan

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Dari tabel di atas, maka dapat ditentukan faktor penyesuaian kapasitas untuk hambatan samping seperti pada tabel 2.15 berikut :

Tabel 2.15. Penyesuaian pengaruh hambatan samping dan lebar bahu jalan

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Lebar bahu efektif (W s)			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 2,0
4/2 D	VL	0,96	0,98	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,88	0,92	0,95	0,98
	VH	0,84	0,88	0,92	0,96
4/2 UD	VL	0,96	0,99	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,87	0,91	0,94	0,98
	VH	0,80	0,86	0,90	0,95
2/2 UD atau jalan satu arah	VL	0,94	0,96	0,99	1,01
	L	0,92	0,94	0,97	1,00
	M	0,89	0,92	0,95	0,98
	H	0,82	0,86	0,90	0,95
	VH	0,73	0,79	0,85	0,91

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Tabel 2.16. Penyesuaian pengaruh hambatan samping dan berdasarkan jarak kereb

Tipe jalan Kelas hambatan	Hambatan samping	Jarak Kereb Penghalang (Wk)			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 2,0
4/2 D	VL	0,95	0,98	0,99	1,01
	L	0,94	0,96	0,98	1,00
	M	0,91	0,93	0,95	0,98
	H	0,86	0,89	0,92	0,95
	VH	0,81	0,85	0,88	0,92
4/2 UD	VL	0,95	0,97	0,99	1,01
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,90	0,92	0,95	0,97
	H	0,84	0,87	0,90	0,93
	VH	0,77	0,81	0,85	0,90
2/2 UD atau jalan satu arah	VL	0,93	0,95	0,97	0,99
	L	0,90	0,92	0,95	0,97
	M	0,86	0,88	0,91	0,94
	H	0,78	0,81	0,84	0,88
	VH	0,68	0,72	0,77	0,82

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Faktor penyesuaian kapasitas untuk jalan 6 lajur dapat ditentukan dengan menggunakan nilai FC_{SF} untuk jalan empat lajur yang diberikan pada sebagaimana ditunjukkan di bawah :

$$FC_{6,SF} = 1 - 0,8 (1 - FC_{4,SF}) \dots\dots\dots (25)$$

dimana:

$FC_{6,SF}$ = faktor penyesuaian kapasitas untuk jalan enam lajur $FC_{4,SF}$ = faktor penyesuaian kapasitas untuk jalan empat lajur

2.12.4 Faktor Penyesuaian Pemisah Arah (FC_{SP})

Di Indonesia biasanya komposisi lalu lintas bervariasi seperti pada tabel berikut:

Tabel 2.17. Faktor Penyesuaian Pemisah Arah

Pemisah arah (SP) % - %	50 - 50	55 - 45	60 - 40	65 - 35	70 - 30
Dua lajur $FC_{SP}(2/2)$	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
Empat lajur (4/2)	1,00	0,987	0,97	0,955	0,94

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Untuk jalan terbagi, faktor penyesuaian kapasitas akibat pemisah arah tidak dapat diterapkan dan nilai 1,0 harus dimasukkan/digunakan untuk perhitungan.

2.12.5 Penyesuaian Ukuran Kota (FCcs)

Faktor ini merepresentasikan populasi pengemudi, yang jumlahnya akan berpengaruh terhadap perilakunya dalam lalu lintas. MKJI 1997 menyatakan dalam tabel berikut :

Tabel 2.18. Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Perkotaan

Ukuran kota (jt penduduk)	Faktor penyesuaian untuk perkotaan
< 0,1	0,86
0,1 - 0,5	0,90
0,5 - 1,0	0,94
1,0 - 3,0	1,00
> 3,0	1,04

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.13. Ekuivalen Mobil Penumpang

MKJI membagi EMP berdasarkan jumlah arus lalu lintas dan tipe jalan, seperti :

Tabel 2.19. Ekuivalen Mobil Penumpang untuk Jalan Perkotaan Tak Terbagi

Tipe jalan : Jalan Tak Terbagi	Arus lalu lintas 2 arah	HV	EMP		
			MC		
			Lebar jalur lalu lintas W_c		
			≤ 6 m	> 6 m	
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	0	1.3	0.5		0.4
	≥ 1800	1.2	0.35		0.25
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	0	1.3		0.4	
	≥ 1800	1.2		0.25	

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Tabel 2.20. EMP untuk Jalan Perkotaan Terbagi dan Satu Arah

Tipe Jalan	Arus lalu lintas per lajur (kend/jam)	EMP	
		HV	MC
2 lajur 1 arah, terbagi	0	1.3	0.4

4 lajur terbagi	≥ 1050	1.2	0.25
3 lajur 1 arah, terbagi (3/1 D)	0	1.3	0.4
6 lajur terbagi	≥ 1100	1.2	0.25

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.14. Studi Literatur Penelitian Terdahulu

Tabel 2.21. Studi Literatur Penelitian

No	Peneliti / Tahun	Judul	Kesimpulan
1	Julia Astuti Djumati / 2011	Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Program aaSIDRA (Studi Kasus : Persimpangan Jalan 14 Februari Telling – Jalan Diponegoro – Jalan Lumimuut – Jalan Toar, Kota Manado) 2011	1. aaSIDRA Jln. Diponegoro 0,791, Jln. Lumimuut 0,775, Jln. 14 Februari 0,792, Jln. Toar 0,785. 2. MKJI 1997 Jln. Diponegoro 0,775, Jln. Lumimuut 0,929, Jln. 14 Februari 1,129, Jln. Toar 0,815. 3. MKJI 1997 tanpa MC Jln. Diponegoro 0,675, Jln. Lumimuut 0,807, Jln. 14 Februari 0,970, Jln. Toar 0,713. Untuk variasi waktu siklus nilai DS terendah pada aaSIDRA adalah 0,775 pada detik ke 180, MKJI 1997 adalah 0,859 pada detik ke 200 dan MKJI 1997 tanpa MC adalah 0,739 pada detik ke 200. Dari perhitungan ditemukan beberapa perbedaan antara aaSIDRA dan MKJI 1997

			<p>yaitu :</p> <p>1. Pada perhitungan aaSIDRA volume yang diinput adalah <i>vehicle/hour</i> atau kend/jam, sedangkan pada MKJI 1997 adalah smp/jam. Komposisi kendaraan pada aaSIDRA adalah <i>Light vehicle, heavy vehicle</i> sedangkan <i>motorcycle</i> tidak digunakan.</p> <p>3. Untuk lebar jalur pada aaSIDRA di anggap sama pada semua pendekat, sedangkan pada kenyataanya tidak sama, sehingga digunakan lebar jalur rata-rata pada aaSIDRA dan pada MKJI 1997 dipakai lebar pendekat yang sesuai dengan kondisi di lapangan. 4. Pada aaSIDRA tidak digunakan aktor koreksi <i>city size</i> atau ukuran kota, faktor penyesuaian hambatan samping dan faktor penyesuaian arus belok kanan, sedangkan pada MKJI 1997 digunakan faktor-faktor penyesuaian tersebut.</p>
2	Lastthreeida J.H, Medis	Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Jl. Ir.	1. Hasil perhitungan simpang Jl. Ir. H. Juanda – Jl. Imam Bonjol kondisi eksisting untuk pendekat Utara dengan metode HCM 2000

	Surbakti / 2012	H. Juanda – Jl. Imam Bonjol)	<p>didapat tundaan rata – rata: 111,447 dengan tingkat pelayanan F. Untuk pendekat Selatan, panjang antrian: 61,572 mdengan tingkat pelayanan: E. Untuk pendekat Barat, tundaan rata – rata: 45,712, dengan tingkat pelayanan D. Untuk pendekat Timur, tundaan rata – rata: 222,597 dengan tingkat pelayanan F. Dan tundaan simpang sebesar = 113 dengan tingkat pelayanan F.</p> <p>2. Hasil perhitungan simpang Jl. Ir. H. Juanda – Jl. Imam Bonjol kondisi eksisting untuk pendekat Utara, dengan metode MKJI'97 dengan acuan tingkat pelayanan pada HCM 1985 didapat kinerja: Panjang antrian: 154,286 m, Tundaan rata – rata: 88,2 dengan tingkat pelayanan F. Untuk pendekat Selatan; Panjang antrian: 157,778 m, Tundaan rata – rata: 63,8 dengan tingkat pelayanan F. Untuk pendekat Barat, Panjang antrian: 232 m, Tundaan rata – rata: 54,5 dengan tingkat pelayanan E. Untuk pendekat Timur, Panjang antrian: 432 m, , Tundaan rata – rata: 98,82 dengan tingkat pelayanan F. Dan tundaan rata – rata simpang yang dihasilkan = 76,008</p>
--	--------------------	------------------------------	---

			<p>dengan tingkat pelayanan F.</p> <p>3. Hasil perhitungan antrian dan tundaan dengan metode Gelombang Kejut (Shock wave) didapat untuk setiap lengan simpang, Lengan Utara: Panjang antrian: 207,256m, Tundaan rata – rata: 108,684. Untuk pendekat Selatan; Panjang antrian: 266,907m, Tundaan rata – rata: 91,800. Untuk pendekat Barat, Panjang antrian: 269,770m, Tundaan rata – rata: 87,899. Untuk pendekat Timur, Panjang antrian: 279,575m, Tundaan rata – rata: 91,178.</p> <p>4. Jadi berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa tundaan simpang terbesar dihasilkan oleh metode HCM 2000 dengan besar tundaan simpang 113 det/kend dan tingkat pelayanan F.</p>
3	Mursid Budi H, Achmad Wicakson o, M. Ruslin Anwar /	Evaluasi Kinerja Simpang Tidak Bersinyal Jalan Raya Mengkreng Kabupaten Jombang	<p>1. Simpang Mengkreng memiliki geometri jalan kurang lebar. Penyempitan terjadi pada simpang ini juga ditambah dengan sering terjadi hambatan pergerakan dikarenakan aktivitas kendaraan berat yang sangat padat serta aktivitas perdagangan baik lalu lalang masyarakat yang hendak ke Pasar Kertosono</p>

	2014		<p>dan aktivitas jual beli oleh-oleh di ruas jalan menuju Kabupaten Jombang.</p> <p>2. Dari hasil penelitian didapatkan jam puncak pada sabtu siang hari pukul 11.40-12.40 sebesar 4205 smp/jam</p> <p>3. Dari hasil perhitungan analisis Simpang Mengkreng dengan menggunakan komposisi kendaraan dari MKJI didapatkan hasil nilai D/S rata-rata mencapai 1,01.</p> <p>4. Pada Simpang Mengkreng dibutuhkan rekayasa simpang bersinyal di mana setelah dihitung menggunakan Form SIG didapatkan D/S rata-rata adalah $0,75+0,73+0,84 / 3 = 0,78$</p> <p>5. Tingkat pelayanan Simpang Mengkreng masuk dalam kelas pelayanan jalan F.</p> <p>6. Pada rekayasa untuk 5 tahun mendatang didapat derajat kejenuhan yang besar, yaitu pada simpang tak bersinyal sebesar 1,43 sedangkan untuk derajat kejenuhan rata-rata simpang bersinyal adalah 1,08.</p>
4	Anas Tahir / 2005	Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Di Kota Surabaya	<p>1. Pada pagi hari, siang hari dan sore hari kinerja simpang berada pada <i>level of service F</i> dengan tundaan simpang rata-rata yang</p>

		Dengan Menggunakan Program Kaji (Studi Kasus : Ruas Jalan Ngagel Jaya Selatan)	<p>terjadi masing-masing 195,83det/smp, 151,01detik/smp, 306,71 detik/smp.</p> <p>2. Tundaan simpang rata-rata terbesar terjadi pada sore hari dan menunjukkan suatu korelasi antara volume lalu lintas dengan nilai tundaan simpang.</p> <p>3. Panjang antrian yang terjadi pada sore hari cukup besar yaitu 2458 m dengan jumlah kendaraan terhenti rata-rata 2,35 stops/smp.</p>
5	Mubassirah Pasra, Dantje Runtulalo, Dito Ashar Saputra / 2014	Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Km 4 Di Kota Makassar	<p>1. Kapasitas persimpangan pada pendekatan Utara Jl. Tol Reformasi C = 1018 smp/jam dan Jl. Barawaja C = 386 smp/jam, pendekatan Barat Jl. Urip Sumoharjo C = 24012 smp/jam, pendekatan selatan Jl. A.P Pettarani C = 2479.</p> <p>2. Hasil analisis kinerja simpang bersinyal dilihat dari derajat kejenuhan yaitu pada pendekatan utara yaitu DS = 0,612 berada pada standar MKJI yaitu DS < 0,75 dikategorikan pada tingkat pelayanan yang baik yaitu masih mampu untuk melayani arus lalu lintas yang melewati simpang bersinyal, sedangkan pada pendekatan utara timur laut, selatan dan barat yaitu berada di atas standar MKJI hal ini</p>

			<p>dikategorikan tingkat pelayanan buruk.</p> <p>3. Adapun analisis tundaan kendaraan menunjukkan nilai tundaan rata-rata pada simpang 41,91 dengan tingkat pelayanan simpang berada pada level tingkat pelayanan “E” yang 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.</p>
6	Liqiang Fan / 2014	Coordinated Control of Traffic Signals for Multiple Intersections	<p>Under the premise of the vehicles driving at fixed speed on the given roads and some other reasonable assumptions, the vehicles driving on the roads could achieve minimum total average operational delay by setting phase difference of traffic signals at adjacent intersections. This thesis gives the minimum average delay time under the condition that the cycles of traffic signals meet different finite conditions. In particular, if the cycles of signals at adjacent intersections are co-prime</p>

			<p>numbers, no matter which value is chosen for phase difference, the minimum average delay is a constant. The three numerical examples have illustrated the rationality of these theorems. The reasonable phase difference of adjacent intersections wherein can be directly computed by the algorithm given in the article</p>
7	<p>Noah J. Goodall, Brian L. Smith, and Byungkyu (Brian) Park / 2015</p>	<p>Traffic Signal Control with Connected Vehicles</p>	<p>A rolling-horizon traffic signal control algorithm called PMSA was presented in this paper. The algorithm uses individual vehicle locations, headings, and speeds to predict an objective function over a 15-s future horizon through the use of microscopic simulation. The algorithm does not use any data from point detectors or any historical demands, nor does it require any communication between signals. An important feature of the algorithm is that it uses only instantaneous vehicle data and does not reidentify or track vehicles in any way, to protect privacy. Microscopic simulation shows that PMSA, in which delay is used as the sole variable in the objective function,</p>

			<p>is able to improve significantly or have no effect on the performance of coordinated actuated systems in several scenarios, specifically, at low and medium levels of demand saturation and with a rate of penetration of equipped vehicles of greater than 50%. The algorithm showed much greater improvements during unexpected demands, for which the baseline Synchro coordinated actuated timing plan is not optimized, particularly in a simulated incident and with annual traffic volume increases when the timing plan is not updated. Different horizon objective functions with the variables delay, deceleration, and number of stops were unable to improve the performance of a delay-only function. Future work will involve improvements to the performance of the algorithm at low rates of penetration of connected vehicles. Recent research suggests that the behavior of a few connected vehicles can estimate the positions of unequipped vehicles in real time on freeways (23, 24) and</p>
--	--	--	---

			<p>unequipped vehicles delayed on arterials (25). These techniques may be adapted for signal control, in which they can provide real-time estimates of individual vehicle locations, there by artificially augmenting the equipped penetration rate. The algorithm will also be compared with existing adaptive control algorithms.</p>
8	<p>Xiaojian Hu, Jian Lu, Wei Wang, and Ye Zhirui / 2014</p>	<p>Traffic Signal Synchronization in the Saturated High- Density Grid Road Network</p>	<p>The time and space for traffic signal optimization are limited in the saturated HGRN, so the performance of conventional signal control methods is not satisfactory. Therefore, the LGLR traffic signal synchronization strategy is proposed as an alternative. This strategy uses the same signal control timing plan to control all signalized intersections. The green time and the red time for the straight phases of the timing plan are relatively long to limit the queue lengths at all intersections when the lights are red and to ensure that vehicles can form the continuous traffic flow and go through several downstream intersections without stopping when the lights are green. The performances</p>

		<p>of three signal control models were compared and analyzed by simulations, and results showed that, in the saturated HGRN, the LGLR traffic signal synchronization strategy is much more effective, for the following reasons.</p> <p>(i) First, in the LGLR traffic signal synchronization strategy, the same signal control timing plan is used at all intersections, which is helpful to uniformly distribute the traffic volumes in the HGRN and to fulfill the advantages of good equilibrium, connectivity, and selectivity of the HGRN.</p> <p>(ii) Second, when the straight phases of the intersections are LR status, the straight vehicles stop at the stop lines at different intersections in order to limit the queue lengths in the sections and to avoid the spillback congestions to the upstream intersections.</p> <p>(iii) Third, when the straight phases of the intersections are LG status, the straight vehicles can form continuous traffic flows</p>
--	--	--

			<p>and go uninterruptedly through several downstream signalized intersections at a steady speed.</p> <p>(iv) Finally, the optimization is simple, as the traffic parameters of the model can be obtained by the traffic detectors installed in the HGRN, and this requirement of the hardware and software is easy to implement.</p>
9	Javed Alam and Pandey MK / 2015	Design and Analysis of a Two Stage Traffic Light System Using Fuzzy Logic	<p>The two stage traffic lightsystem using fuzzy logic performed better than the fixed time system or even vehicle actuated system due to its flexibility. The flexibility involves the number of vehicles sensed at the incoming junction and in first stage, determines the maximum urgency degree of red phases then in second stage, determines the extension time of the green phase. In the fixed time system, being an open loop system phase sequence is not changeable and the green time is not extended whatever the density of carat the junction. In addition to the fuzzy</p>

		<p>variables as mentioned, the fuzzy system also has an advantage of performing according to linguistics rules in the manner of how a human would use. It can be observed from the result that a two stage traffic light system (TSTLS) provide better performance in terms of average vehicle delay than pre-timed control system. Therefore TSTLS, improve the efficiency of vehicles, traffic congestion and hence reduce travel time, noise pollution, carbon dioxide emission, fuel used and save the time of human being. One direction for future research on a proposed two stage traffic light system is that to enhance the system with a neural network which is able to forecast the traffic conditions i.e., to predict the traffic conditions at different times of the day or on different days of the week. This combination would allow the fuzzy control system to make its decision taking into account not only the current traffic situation as detected by the sensor but also the probable short term evolution of the traffic conditions. In this way the choice of the</p>
--	--	---

			<p>phase would depend on the number of vehicles in the queue while the green time duration of the traffic lights would be determined based on the traffic flow forecast by the neural network. Moreover, prospect research direction is to provide the system with the ability of detecting emergency situation such as the presence in the queue of ambulance, VIP vehicle and fire trucks etc. through nonexpensive sensors and of implementing suitable contingency actions so as to prioritize the phase that hosts those vehicles. A further area of investigation refers to the adoption of low power mechanisms to reduce the sensor node power consumption as shown in Collotta, et al. [20] and hence increase the network lifetime.</p>
10	Lin Dong, Wushan Chen / 2010	Real-Time Traffic Signal Timing for Urban Road Multi-Intersection	<p>The paper developed the real-time signal timing model (non-fixed cycle and non-fixed split) to relieve the traffic congestion. Introducing the release matrix to analyze the situation of traffic flow, the basic model was proposed to minimize total delay time of vehicles. Then, the optimal real-time signal</p>

			<p>model was realized by combining the Webster split optimal model. Finally, based on simulated data using Passion distribution, result was showed that the “non-fixed cycle, non-fixed split” model out performance and is more cost effective than “fixed cycle, fixed split” model and “fixed cycle, non-fixed timing”. This research gives useful suggestions on signal control to prevent the traffic congestion.</p>
--	--	--	--

