

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 PERSIMPANGAN

Simpang jalan merupakan simpul transportasi yang terbentuk dari beberapa pendekat/lengan, dimana arus kendaraan dari beberapa pendekat tersebut bertemu dan memencar meninggalkan simpang. Pada sistem transportasi jalan dikenal tiga macam simpang yaitu pertemuan jalan sebidang, pertemuan jalan tak sebidang dan kombinasi keduanya (Hobbs, 1995). Simpang bersinyal berdasarkan pengaturan lalu lintasnya ada dua jenis yaitu simpang tiga lengan dan simpang empat lengan (MKJI, 1997).

Kapasitas persimpangan jalan sebidang yang berlampu, dipengaruhi oleh 2 (dua) faktor utama adalah sebagai berikut :

- a. Faktor jalan dan keadaan lingkungan, yang terdiri dari bentuk fisik jalan, terutama lebar jalan, jari-jari lintasan dan kelandaian jalan,
- b. Faktor lalu lintas, berupa pengaruh berbagai tipe kendaraan terhadap keseluruhan arus lalu lintas yang diperhitungkan dalam satuan mobil penumpang (smp).

Persimpangan merupakan tempat yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadinya konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya ataupun antara kendaraan dengan pejalan kaki, oleh karena itu merupakan aspek yang sangat penting dalam pengendalian lalu lintas.

3.2 ARUS DAN KOMPOSISI LALULINTAS

Arus lalu lintas (Q) adalah jumlah kendaraan bermotor yang melewati suatu titik pada jalan per satuan waktu, dinyatakan dalam kend/jam (Q_{kend}), smp/jam (Q_{smp}), ataupun Lalulintas Harian Rata-rata Tahunan (MKJI, 1997).

Dalam MKJI 1997, yang disebutkan sebagai unsur/komposisi lalu lintas adalah benda atau pejalan kaki yang menjadi bagian lalu lintas, sedangkan kendaraan adalah unsur lalu lintas beroda.

Semua 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 yang dikategorikan menjadi 4 (empat) jenis yaitu :

1. Kendaraan ringan (LV) yaitu kendaraan bermotor dua as beroda empat dengan jarak as 2,0 – 3,0 (termasuk bis, truk dua as, truk tiga as dan truk kombinasi),
2. Kendaraan berat (HV) yaitu kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,5 m, biasanya beroda lebih dari empat (termasuk bis, truk dua as, truk tiga as dan truk kombinasi),
3. Sepeda motor (MC) yaitu kendaraan beroda dua atau tiga,
4. Kendaraan tidak bermotor (UM) yaitu kendaraan dengan roda yang menggunakan tenaga manusia atau hewan meliputi sepeda, becak, dokar, kereta dorong.

3.3 DERAJAT KEJENUHAN (DS)

Derajat Kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai DS menunjukkan apakah simpang atau segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak (MKJI, 1997).

3.4 KECEPATAN

Kecepatan merupakan indikator dari kualitas gerakan lalu lintas yang digambarkan sebagai suatu jarak yang dapat ditempuh dalam waktu tertentu dan biasanya dinyatakan dalam km/jam (Hobbs, 1995).

Ada tiga macam kecepatan, yaitu :

1. Kecepatan perjalanan (*journey speed*), adalah kecepatan efektif kendaraan yang sedang dalam perjalanan antara dua tempat dan merupakan jarak antara dua tempat dibagi lama waktu kendaraan untuk menyelesaikan perjalanan antar dua tempat tersebut,

2. Kecepatan setempat (*spot speed*), adalah kecepatan kendaraan pada suatu saat diukur dari suatu tempat yang ditentukan,
3. Kecepatan bergerak (*running speed*), adalah kecepatan kendaraan rata-rata pada suatu jalur saat kendaraan bergerak yang didapat dengan membagi panjang jalur saat waktu kendaraan bergerak menumpuh jalur tersebut.

3.5 AKTIVITAS SAMPING JALAN (HAMBATAN SAMPING)

Banyaknya aktivitas samping jalan di Indonesia sering menimbulkan konflik, kadang-kadang besar pengaruhnya terhadap lalu lintas. Hambatan samping yang terutama berpengaruh pada kapasitas dan kinerja jalan perkotaan (MKJI, 1997) adalah :

- a. Pejalan kaki,
- b. Angkutan umum dan kendaraan lain berhenti,
- c. Kendaraan lambat (misalnya becak, kereta kuda, sepeda),
- d. Kendaraan masuk dan keluar dari lahan di samping jalan.

3.6 TINGKAT PELAYANAN LALULINTAS

Jumlah lajur yang dibutuhkan tidak dapat direncanakan dengan baik walaupun VJR/LHR telah ditentukan. Hal ini terjadi karena tingkat kenyamanan dan keamanan yang akan diberikan jalan belum ditentukan. Untuk mendapatkan pelayanan yang tinggi dari suatu jalan, maka dibutuhkan lajur yang lebih. Tingkat pelayanan menurut Keputusan Menteri Perhubungan No 14 Tahun 2006, tentang manajemen dan rekayasa lalu lintas adalah kemampuan ruas jalan dan/atau persimpangan untuk menampung lalu lintas pada keadaan tertentu. Tingkat pelayanan jalan (*level of service*) merupakan kondisi gabungan yang akan ditunjukkan dari hubungan variabel visi rasio antar V/C dengan kecepatan seperti gambar 3.1 dibawah ini :



Gambar 3.1 Grafik hubungan tingkat pelayanan ratio volume terhadap kapasitas (HCM, 1994)

3.7 EKIVALENSI SATUAN MOBIL PENUMPANG (EMP)

Dalam MKJI (1997), Ekivalensi Mobil Penumpang didefinisikan sebagai faktor yang menunjukkan pengaruh berbagai tipe kendaraan ringan terhadap kecepatan kendaraan ringan dalam arus lalu lintas (untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan yang sasisnya mirip : $emp = 1.0$).

3.8 SATUAN MOBIL PENUMPANG (SMP)

Volume lalu lintas (MKJI,1997) diartikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati titik tertentu pada ruas jalan dalam satuan waktu tertentu. Arus lalu lintas yang melewati ruas jalan tersebut dari berbagai jenis kendaraan, sehingga dalam perhitungan selanjutnya didasarkan pada satuan mobil penumpang atau disebut juga dengan smp.

Satuan Mobil Penumpang (smp) dalam satuan waktu arus lalu lintas dimana arus berbagai tipe kendaraan diubah menjadi arus kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan smp (MKJI,1997).

3.9 LANDASAN TEORI MENURUT MKJI 1997

Dalam menetapkan tingkat persimpangan ini MKJI 1997 menguraikan 5 langkah sebagai berikut :

1. Langkah A : Data Masukan

a. Geometrik, pengaturan lalulintas dan kondisi lingkungan.

Langkah ini menggambarkan kondisi geometrik, pengaturan lalulintas, kondisi lingkungan dan kondisi arus lalulintas. Parameter dari keempat kondisi tersebut tercantum dalam Tabel 3.1

Tabel 3.1. Kondisi geometrik, pengaturan lalulintas dan kondisi lingkungan

Kondisi	Parameter	Simbol
(1)	(2)	(3)
1. Geometrik	Lebar pendekat (meter) Lebar masuk (meter) Lebar keluar (meter) Lebar efektif (meter) Jarak (meter) Landai jalan (+/- %)	WA WMASUK WKELUAR We L GRAD
2. Pengaturan lalulintas	Waktu siklus (detik) Waktu hijau (detik) Rasio hijau (GR = g/c) Waktu merah semua (detik) Waktu kuning (detik) Waktu hilang (detik)	C GRAD GRAD ALL-RED AMBER LTI

Lanjutan Tabel 3.1

3. Lingkungan	Komersial Pemukiman Akses terbatas Ukuran kota Hambatan samping	COM RES RA CS SF
4. Arus lalu lintas	Belok kiri Belok kanan langsung Lurus Belok kanan Arus jenuh (smp/jam hijau) Kapasitas (kend/jam, smp/jam)	LT L TOR ST RT S C

Sumber : MKJI 1997

b. Kondisi arus lalu lintas

Hitung arus lalu lintas dalam smp/jam bagi masing-masing jenis kendaraan untuk kondisi terlindung dan/atau terlawan (yang sesuai tergantung pada fase sinyal dan gerakan belok kanan yang diijinkan) dengan menggunakan emp yang tercantum pada tabel 3.2 :

Tabel 3.2 Tipe kendaraan

Tipe kendaraan	emp	
	Pendekat terlindung	Pendekat terlawan
LV	1	1
HV	1,3	1,3
MC	0,2	0,4

Sumber : MKJI 1997

2. Langkah B : Penggunaan Sinyal

Dalam langkah penggunaan sinyal terdapat dua langkah, yaitu :

a. Fase sinyal

Jika jumlah dan jenis fase sinyal tidak diketahui, maka pengaturan dengan dua fase sebaiknya digunakan sebagai kasus dasar. Pemisahan gerakan-gerakan belok kanan biasanya hanya dilakukan berdasarkan pertimbangan kapasitas kalau suatu gerakan membelok melebihi 200 smp/jam,

b. Waktu antar hijau dan waktu hilang

Waktu antar hijau sebaiknya dengan menggunakan metodologi yang diuraikan pada langkah B-2. Pada analisis yang dilakukan bagi keperluan perancangan, waktu antar hijau berikut (kuning + merah semua) dapat dianggap sebagai nilai normal.

Tabel 3.3 Waktu antar hijau

Ukuran Simpang	Lebar Jalan Rata-Rata	Nilai Normal waktu Antar Hijau
Kecil	6 – 9 m	4 detik/fase
Sedang	10 – 14 m	5 detik/fase
Besar	> 15 m	> 6 detik/fase

Sumber : MKJI 1997

Sedangkan untuk waktu hilang (LTI) ditentukan oleh jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap (detik) atau dapat juga diperoleh dari beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau dalam semua fase yang berurutan.

3. Langkah C : Penentuan Waktu Sinyal

Pada langkah penentuan waktu sinyal terdapat enam faktor, yaitu :

a. Tipe pendekat

Merupakan daerah suatu lengan persimpangan jalan untuk kendaraan mengantri sebelum keluar melewati garis henti. (Bila gerakan lalu lintas ke kiri

atau ke kanan dipisahkan dengan pulau lalulintas, sebuah lengan persimpangan jalan dapat mempunyai dua pendekat). Lebar pendekat efektif merupakan lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, yang digunakan dalam perhitungan kapasitas (yaitu dengan pertimbangan terhadap W_A , W_{MASUK} , W_{KELUAR} dan gerakan lalulintas membelok ;m).

b. Arus jenuh dasar

Yaitu besarnya keberangkatan antrian di dalam pendekat selama kondisi ideal (smp/jam hijau), ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat (W_e) dengan persamaan 3.1 berikut ini :

$$S_o = 600 * W_e \dots \dots \dots (3.1)$$

dengan :

S_o = arus jenuh dasar, dalam smp/jam hijau,

W_e = lebar efektif pendekat, dalam m.

c. Faktor-faktor penyesuaian

Merupakan faktor untuk penyesuaian dari nilai ideal ke nilai sebenarnya dari suatu variabel. Faktor-faktor penyesuaian ini meliputi :

1). Faktor penyesuaian ukuran kota, tabel 3.4 berikut ini ;

Tabel 3.4 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

2). Faktor penyesuaian hambatan samping, tabel 3.5 berikut ini :

Tabel 3.5 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	0,89	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

3). Faktor penyesuaian kelandaian,

4). Faktor penyesuaian parkir, dengan persamaan 3.2 berikut ini.

$$F_p = [L_p/3 - (W_A - 2) * L_p/3 - g] / g \dots\dots\dots(3.2)$$

dengan :

L_p = jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m),

W_A = lebar pendekat (m),

g = Waktu hijau pendekat (nilai normal 26 detik).

5). Faktor penyesuaian belok kanan, dengan persamaan 3.3 berikut ini lihat :

$$F_{RT} = 1,0 + P_{RT} * 0,26 \dots\dots\dots(3.3)$$

6). Faktor penyesuaian belok kiri, dengan persamaan 3.4 berikut ini dan lihat gambar C-1:8 (terlampir).

$$F_{LT} = 1,0 - P_{LT} * 0,16 \dots\dots\dots(3.4)$$

dengan :

P_{LT} = rasio belok kiri.

d. Rasio arus/arus jenuh

Merupakan rasio arus terhadap arus jenuh (Q/S) dari suatu pendekat.

Rasio arus (FR) dihitung dengan persamaan 3.5 berikut ini.

$$S = S_o * F_{CS} * F_{SF} * F_G * F_P * F_{RT} * F_{LT} \dots \dots \dots (3.5)$$

$$Q = Q_{LV} * emp_{LV} + Q_{HV} * emp_{HV} + Q_{MC} * emp_{MC} \dots \dots \dots (3.6)$$

$$FR = Q/S \dots \dots \dots (3.7)$$

dengan :

Q = arus lalulintas, dalam smp/jam,

S = arus jenuh, smp/jam hijau,

S_o = arus jenuh dasar,

F_{CS} = faktor penyesuaian ukuran 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.

f. Waktu siklus dan waktu hijau

Penentuan waktu sinyal untuk keadaan dengan kendali waktu tetap dilakukan berdasarkan metode *Webster* (1996) untuk meminimumkan tundaan total pada suatu simpang. Pertama-tama ditentukan waktu siklus (c), waktu hijau (gi), pada masing-masing fase (I) sebagai berikut .

1). Persamaan waktu siklus

$$C_{opt} = (1,5 * LTI + 5) / (1 - \sum FR_{CRIT}) \dots \dots \dots (3.8)$$

dengan :

C_{ua} = waktu siklus optimum (detik),

LTI = jumlah waktu hilang per siklus (detik),

FR = arus dibagi dengan arus siklus (Q/S),

FR_{CRIT} = nilai FR tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal,

$\sum(\text{FR}_{\text{CRIT}})$ = rasio arus simpang, sama dengan jumlah FR_{CRIT} dari semua fase pada siklus tersebut.

2). Persamaan waktu hijau

$$g_i = (c - \text{LTI}) * \text{FR}_{\text{CRIT}} / \sum(\text{FR}_{\text{CRIT}}) \dots \dots \dots (3.9)$$

dengan :

$$g_i = \text{tampilan waktu pada fase } i \text{ (detik)}$$

4. Langkah D : Kapasitas

Pada langkah ini terdapat penentuan kapasitas masing-masing pendekat dan pembahasan mengenai perubahan-perubahan yang harus dilakukan jika kapasitas tidak mencukupi.

a. Kapasitas dan derajat kejenuhan

1). Kapasitas merupakan arus lalulintas maksimum yang dapat dipertahankan.

Dapat dihitung dengan persamaan 3.8 berikut ini.

$$C = S * g/c \dots \dots \dots (3.10)$$

dengan :

C = kapasitas, dalam smp/jam

S = arus jenuh, dalam smp/jam hijau

g/c = rasio hijau

2). Derajat kejenuhan merupakan rasio dari arus lalulintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat dapat dihitung dengan persamaan 3.9 berikut ini.

$$DS = Q/C \dots \dots \dots (3.11)$$

dengan :

Q = arus lalulintas

$C = S * g/c$

b. Keperluan untuk perubahan

Jika waktu siklus dan waktu hijau yang dihitung lebih besar dari batas atas yang disarankan pada bagian yang sama, derajat kejenuhan (DS) umumnya juga lebih tinggi dari 0,85 Ini berarti bahwa simpang tersebut mendekati

lewat jenuh, yang akan menyebabkan antrian panjang pada kondisi lalulintas puncak. Kemungkinan untuk menambah kapasitas simpang melalui salah satu dari tindakan berikut, oleh karenanya harus dipertimbangkan :

1). Penambahan lebar pendekat

Jika mungkin untuk menambah lebar pendekat, pengaruh terbaik dari tindakan seperti ini akan diperoleh jika pelebaran dilakukan pada pendekat-pendekat dengan nilai rasio arus (FR) kritis tertinggi,

2). Perubahan fase sinyal

Jika pendekat dengan arus berangkat terlawan dan rasio belok kanan tinggi menunjukkan nilai rasio arus (FR) kritis yang tinggi ($FR > 0,8$), suatu rencana fase alternatif dengan fase terpisah untuk lalulintas belok kanan mungkin akan sesuai. Penerapan fase terpisah untuk lalulintas belok kanan mungkin harus disertai dengan tindakan pelebaran juga,

3). Pelarangan gerakan-gerakan belok kanan

Pelarangan bagi satu atau lebih gerakan belok kanan biasanya menaikkan kapasitas, terutama jika hal ini menyebabkan pengurangan jumlah fase yang diperlukan. Walaupun demikian perancangan manajemen lalulintas yang tepat perlu untuk memastikan agar perjalanan oleh gerakan belok kanan yang akan dilarang tersebut dapat diselesaikan tanpa jalan pengalih yang terlalu panjang dan mengganggu simpang yang berdekatan.

5. Langkah E : Perilaku Lalulintas

Dalam langkah ini terdiri dari 4 langkah, yaitu :

a. Persiapan

Perhitungan dikerjakan dengan menggunakan Formulir SIG-V.

b. Panjang antrian

Jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ) dihitung sebagai jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ_1) ditambah jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ_2).

Dengan persamaan 3.10-3.12.

$$NQ_1 = 0,25 * C * [(DS - 1)^2 + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 * (DS - 0,5)}{C}}] \dots\dots\dots(3.12)$$

Jika $DS > 0,5$: selain dari itu $NQ_1 = 0$

$$NQ_2 = c * \frac{I - GR}{I - GR * DS} * \frac{Q}{3600} \dots\dots\dots(3.13)$$

dimana :

NQ_1 = jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya,

NQ_2 = jumlah smp yang datang selama fase merah,

DS = derajat kejenuhan,

GR = rasio hijau,

c = waktu siklus (detik),

C = kapasitas (smp/jam).

Panjang antrian (QL) diperoleh dari perkalian (NQ) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m^2) dan pembagian dengan lebar masuk.

$$QL = \frac{NQ_{\max} * 20}{W_{\text{masuk}}} \dots\dots\dots(3.14)$$

c. Kendaraan terhenti

- 1). Angka henti (NS) yaitu jumlah berhenti rata-rata per kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu simpang, dihitung dengan,

$$NS = 0,9 * \frac{NQ}{Q * c} * 3600 \dots\dots\dots(3.15)$$

dimana :

C = waktu siklus (detik),

Q = arus lalu lintas (smp/jam) dari pendekat yang ditinjau.

2). Jumlah kendaraan berhenti

Jumlah kendaraan terhenti (NSV) dihitung pada masing-masing pendekat.

$$NSV = Q * NS \text{ (smp/jam)} \dots \dots \dots (3.16)$$

d. Tundaan

1). Tundaan pada suatu simpang dapat terjadi karena dua hal :

- a. Tundaan lalu lintas (DT) karena interksi lalu lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang yang dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$DT = c * A + \frac{NQ_1 * 3600}{C} \dots \dots \dots (3.17)$$

dengan :

DT = tundaan lalu lintas rata-rata pada pendekat (detik/smp),

c = waktu siklus yang disesuaikan (detik).

$$A = \frac{0,5 * (1 - GR)^2}{(1 - GR * DS)} \dots \dots \dots (3.18)$$

lihat Gambar E-4:1 (lampiran)

GR = rasio hijau (g/c),

DS = derajat kejenuhan,

C = kapasitas (smp/jam),

NQ_1 = jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya.

- e. Tundaan geometri (DG) karena perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan atau terhenti karena lampu merah.

Dihitung dengan persamaan 3.19 berikut ini :

$$DG = (1 - P_{sv}) * PT + (P_{sv} * 4) \dots \dots \dots (3.19)$$

dengan :

DG = tundaan geometri rata-rata pendekat j (detik/smp),

Ps_v = rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat,

PT = rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat.

2). Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat j dihitung dengan persamaan :

$$D_j = DT_j + DG_j \dots \dots \dots (3.20)$$

dengan :

D_j = tundaan rata-rata untuk pendekat j (detik/smp),

DT_j = tundaan lalulintas rata-rata untuk pendekat j (detik/smp),

DG_j = tundaan geometri rata-rata untuk pendekat j (detik/smp).

3.10 DASAR-DASAR PENGATURAN DENGAN LAMPU LALULINTAS

3.10.1 Prinsip Pengaturan

Lampu lalulintas berfungsi untuk mengurangi adanya konflik antara berbagai pergerakan lalulintas dengan cara memisahkan pergerakan-pergerakan tersebut dari segi ruang maupun waktu. Dengan cara demikian, kapasitas pertemuan jalan dan tingkat keselamatan pemakaian jalan akan meningkat. Dalam pengaturan tersebut tentunya harus diperhatikan semua pemakai jalan termasuk pejalan kaki, dan pengemudi kendaraan lambat. Kadang-kadang suatu jenis angkutan tertentu, seperti angkutan umum harus diperlakukan dengan khusus (mendapat prioritas). Walaupun demikian perlu diingat bahwa waktu tunggu bagi suatu pergerakan adalah terbatas, maksimal 120 detik (standar Inggris) (Siti Malkhamah, 1996).

3.10.2 Urutan Nyala Lampu dan Beberapa Pengertian

Amerika Serikat dan Indonesia menganut urutan nyala lampu lalulintas yang sama, yaitu merah – hijau – kuning – (amber) – merah. Selain urutan nyala lampu, ada beberapa hal yang harus dimengerti (Siti Malkhamah, 1996) :

- a. Arus = kelompok pergerakan lalu lintas yang berhenti dan mulai berjalan bersama,
- b. *Stage* = periode waktu yang memberi hak berjalan suatu arus (*streams*),
- c. *Intergeen* = *all red* = waktu yang berada di antara beberapa *stages* yang memberi kesempatan agar pertemuan jalan terbebas dari konflik,
- d. *Sequence* = urutan hak berjalan suatu arus (*stages*) dalam 1 siklus,
- e. Waktu siklus = *cycle time* = panjang total dari *sequence*,
- f. *Signal aspect* = nyala (tanda) yang berlaku bagi pemakai jalan,
- g. *Phase* = sejumlah pergerakan yang dapat berlangsung secara simultan.

3.10.3 Pengoperasian Lampu Lalu lintas

Menurut Highway Capacity Manual 1994 (HCM, 1994) terdapat tiga macam cara pengoperasian lampu insyarat lalu lintas yaitu :

1. *Pretimed Operation* yaitu pengoperasian lampu lalu lintas dalam putaran konstan dimana tiap siklus sama dan panjang tiap fase tetap,
2. *Semi Actuated Operation* pada pengoperasian jalan utama (*mayor street*) selalu berisyarat (menyala) hijau terdapat kendaraan yang datang pada sisi jalan simpang tersebut,
3. *Full Actuated Operation* pada pengoperasian lampu lalu lintas ini semua fase lampu lalu lintas di kontrol dengan alat kontrol, sehingga panjang siklus dari tiap fasenya berubah-ubah tergantung dari permintaan yang dirasakan oleh alat kontrol.

Di Indonesia untuk pengoperasian lampu insyarat lalu lintas dipakai sistem *Pretimed Operation*. Untuk urutan nyala lampu lalu lintas yang dipakai adalah merah-hijau-kuning (amber) merah, kondisi ini sesuai dengan pendapat Morlok (1985) bahwa sinyal lampu lalu lintas terdiri dari tiga macam, yaitu hijau untuk berjalan, kuning berarti membolehkan kendaraan memasuki pertemuan apabila tidak terdapat kendaraan lainnya sebelum lampu merah muncul, dan merah untuk berhenti.

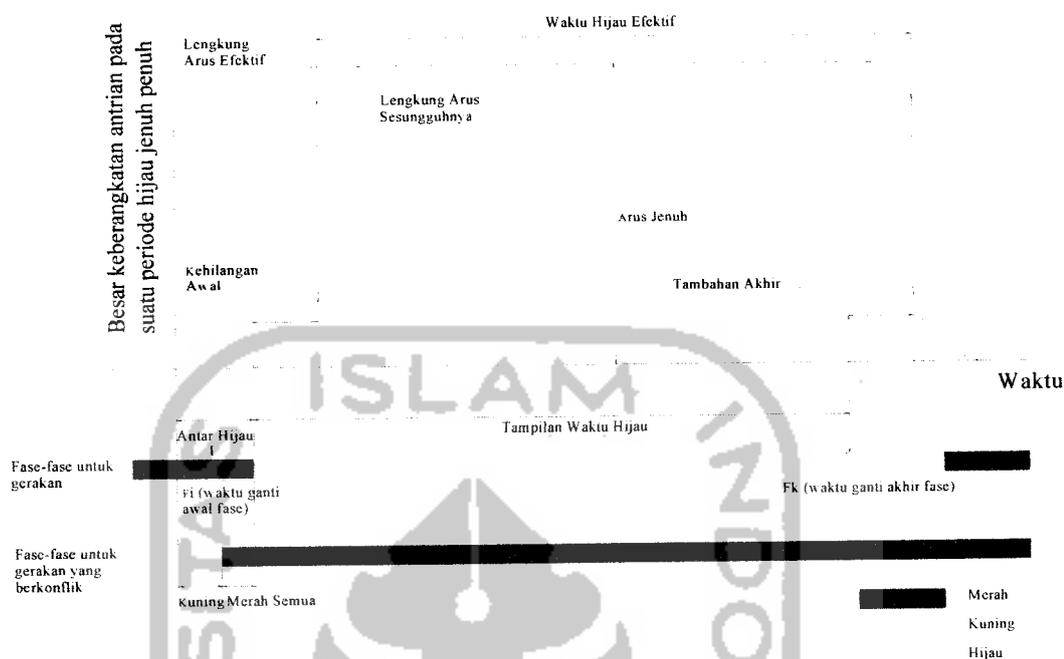
3.10.4 Waktu Hijau Minimum dan Waktu Hijau Maksimum

Waktu hijau minimum adalah waktu hijau minimum yang diperlukan oleh pejalan kaki untuk menyeberangi suatu ruas jalan. Lama waktu hijau minimum ditentukan sebesar 7-13 detik (R.J. Salter, 1976).

Pada sistem pengaturan *traffic actuated control* jika terjadi arus lalu lintas yang terus menerus pada suatu cabang simpang maka lampu hijau pada cabang simpang tersebut akan terus menerus menyala. Akibatnya arus lalu lintas dari cabang simpang yang lain tidak dapat lewat. Untuk menghindari hal ini maka diperlukan batas waktu hijau maksimum. Waktu hijau maksimum ini ditentukan sebesar 8-68 detik (R.J. Salter, 1976).

3.10.5 Waktu Hijau Efektif

Menurut MKJI 1997 waktu hijau efektif adalah waktu yang dipergunakan untuk melewati kendaraan dalam satu fase, terdiri dari waktu hijau dan sebagian waktu kuning. Lihat gambar 3.2 berikut. Pada gambar 3.2 dapat dilihat hubungan antara arus yang dilewatkan dengan waktu periode hijau. Daerah dibawah kurva menunjukkan jumlah kendaraan yang melewati garis henti (*stop line*) selama waktu hijau. Daerah di bawah kurva tidak dapat ditentukan dengan mudah sehingga diambil suatu penyederhanaan berupa persegi panjang dimana tinggi persegi panjang tersebut menunjukkan arus jenuh, sedangkan lebar persegi panjang menunjukkan waktu hijau efektif.



Gambar 3.2 Model dasar arus jenuh (MKJI, 1997)

Arus lalu lintas dilewatkan melalui simpang pada waktu awal hijau sampai waktu kuning. Sedangkan waktu antara waktu hijau dengan awal hijau efektif dan selang waktu antara akhir waktu hijau efektif dengan waktu kuning disebut waktu yang hilang (*lost time*).

Menurut R. J. Salter (1976), dalam prakteknya waktu hilang akibat ketertundaan berangkat diambil 2 detik.

3.10.6 *Intergreen Periode*

Menurut R. J. Salter (1976) *Intergreen periode* adalah waktu hijau suatu fase dengan hijau fase berikutnya. Dihitung mulai akhir suatu fase sampai tempat akhir hijau fase berikutnya. Lama *Intergreen periode* minimum adalah 4 detik. *Intergreen periode* juga merupakan penjumlahan antara waktu kuning, dalam desain umumnya diambil 3 detik, dengan waktu merah semua (*all red*), dalam desain umumnya diambil 2 detik.

3.11 KAPASITAS PERSIMPANGAN

Menurut Highway Capacity Manual 1994 (HCM, 1994), kapasitas persimpangan adalah arus maksimum kendaraan yang dapat melewati persimpangan menurut kontrol yang berlaku, kondisi lalu lintas, kondisi jalan, dan isyarat lampu lalu lintas dalam satu satuan waktu tertentu.

3.12 ARUS JENUH (S)

Arus jenuh (*saturated flow*) adalah jumlah kendaraan maksimum yang dinyatakan dalam ekuivalen mobil penumpang (emp) yang dapat mengalir secara terus menerus melewati garis henti suatu kaki/lengan simpang jika periode nyala hijau 100% selama satu jam.

Suatu siklus disebut jenuh apabila pada akhir siklus (akhir nyala hijau) masih terdapat kendaraan antri. Model keberangkatan kendaraan dibuat dengan asumsi bahwa tidak ada kendaraan yang melewati garis henti pada saat lampu merah menyala efektif.

Besarnya arus jenuh tidaklah sama pada setiap simpang, ada beberapa hal yang mempengaruhi besarnya arus jenuh :

- a. Tanjakan ataupun penurunan pada kaki simpang,
- b. Komposisi lalu lintas,
- c. Jarak lokasi tempat parkir ke garis henti,
- d. Ada tidaknya lalu lintas yang akan membelok ke kanan yang berpapasan dengan lalu lintas yang datang dari arah yang berlawanan,
- e. Radius tikungan.

3.13 ARUS JENUH DASAR (So)

Banyak terdapat formula mengenai besarnya arus jenuh ini, dan diindikasikan selalu bertambah setiap saat. Menurut Siti Malkhamah (1995) besarnya arus jenuh dasar adalah $525 * W_{\text{efektif}}$, menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997) besarnya arus jenuh dasar adalah $600 * W_{\text{efektif}}$, menurut Wahyu Widodo (1997)

dan Ahmad Munawar (2004) besarnya arus jenuh dasar adalah $775 \cdot W_{\text{efektif}}$. Pada penelitian ini besarnya arus jenuh dasar menggunakan formula $775 \cdot W_{\text{efektif}}$. Sehingga diharapkan dapat meningkatkan kapasitas setiap lengan.

