

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

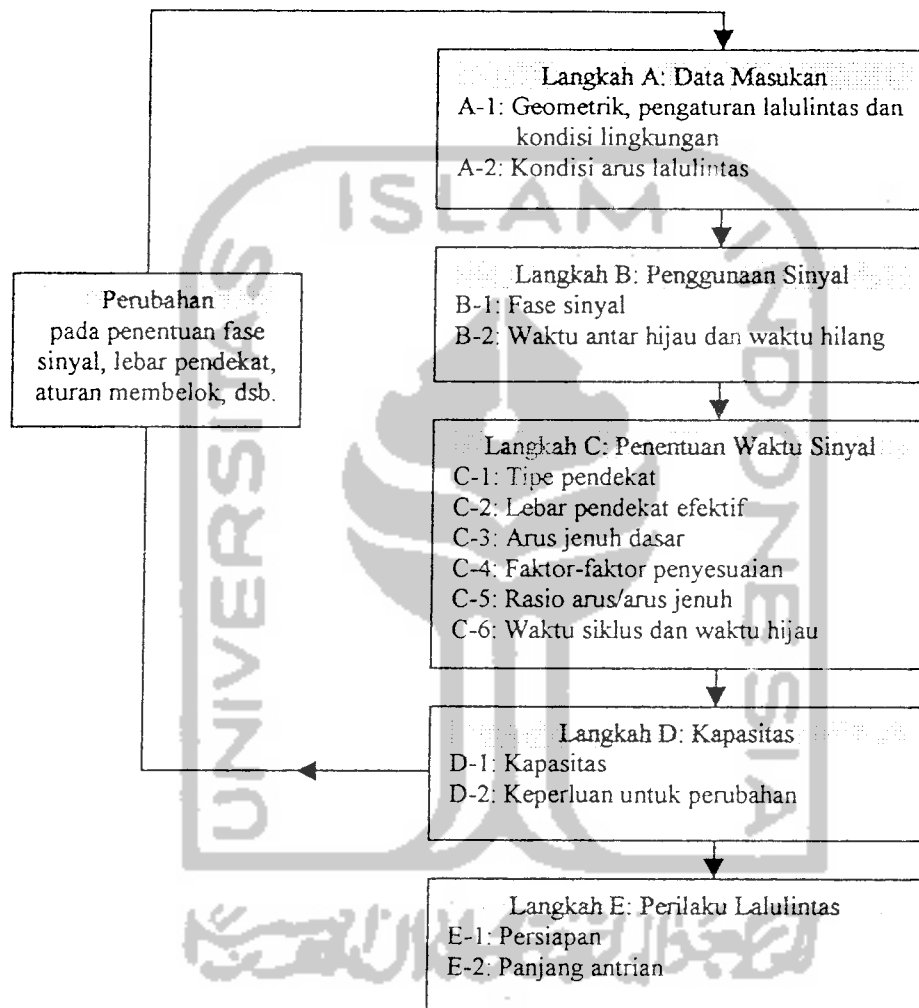
#### **3.1 Analisis Perilaku Lalulintas**

Pada perhitungan dan analisis panjang antrian digunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997). Manual selain mencakup prosedur perhitungan dan analisa untuk keperluan perancangan, perencanaan dan pengoperasian jalan, juga memuat pedoman teknik lalulintas sehubungan dengan pemilihan tipe fasilitas dan rencana sebelum memulai prosedur perhitungan rinci untuk menentukan perilaku lalulintasnya sesuai dengan kondisi di Indonesia.

Analisis perancangan jalan dimaksudkan untuk menentukan denah dan rencana awal yang sesuai dari suatu fasilitas jalan yang baru berdasarkan ramalan arus lalulintas. Analisis perencanaan dimaksudkan untuk menentukan rencana geometrik secara detail dan parameter pengontrol lalulintas dari suatu fasilitas jalan baru atau yang ditingkatkan berdasarkan kebutuhan arus lalulintas yang diketahui. Analisa operasional dimaksudkan untuk menentukan perilaku lalulintas suatu jalan pada kebutuhan lalulintas tertentu berdasarkan peramalan yang akan terjadi akibat adanya perubahan kecil pada geometrik, pengaturan lalulintas dan kontrol sinyal yang digunakan.

### 3.2 Prosedur Perhitungan

Prosedur yang diperlukan untuk penentuan perilaku lalu lintas panjang antrian pada simpang bersinyal dapat digambarkan pada bagan alir di bawah ini:



Gambar 3.1 Bagan alir analisa panjang antrian pada simpang bersinyal (Sumber: MKJI, 1997)

#### 3.2.1 Data Masukan

##### 3.2.1.1 Data Geometrik, Fase dan Lingkungan

Data-data yang diperlukan bagi keperluan geometrik antara lain tipe jalan, denah dan posisi dari pendekat simpang, pulau-pulau lalu lintas, garis henti,

penyeberangan pejalan kaki, marka lajur, marka panah, lebar bagian pendekat yang diperkeras, lebar tempat masuk atau keluar, median, bahu, alinyemen dan panjang dari pendekat.

Pada pengaturan lalulintas diperlukan data-data antara lain fase dan waktu siklus, adanya gerakan belok kiri langsung, waktu hijau, waktu antar hijau dan waktu hilang total, sedangkan data untuk kondisi lingkungan meliputi ukuran kota, kode pendekat, tipe lingkungan dan tingkat hambatan samping.

### 3.2.1.2 Kondisi Arus Lalulintas

Perhitungan arus lalulintas dilakukan per satuan jam untuk satu atau lebih periode, misalnya didasarkan pada kondisi arus lalulintas rencana jam puncak pagi, jam puncak siang, jam puncak sore atau jam lewat puncak.

Arus lalulintas untuk setiap gerakan (belok kiri  $Q_{LT}$ , lurus  $Q_{ST}$  dan belok kanan  $Q_{RT}$ ) dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) pada tabel 3.1 untuk masing-masing pendekat terlindung dan terlawan.

Tabel 3.1 Nilai ekivalen mobil penumpang (emp)

Jenis kendaraan	emp untuk tipe pendekat	
	terlindung	terlawan
Kendaraan ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda motor (MC)	0,2	0,4

(Sumber: MKJI, 1997)

Rasio jumlah kendaraan yang membelok ke kiri dan ke kanan bernilai sama untuk pendekat terlawan atau terlindung yang dapat dihitung dengan rumus:

$$P_{LT} = Q_{LT} (\text{smp/jam}) / Q_{\text{total}} (\text{smp/jam}) \dots\dots\dots (3.1)$$

$$P_{RT} = Q_{RT} (\text{smp/jam}) / Q_{\text{total}} (\text{smp/jam}) \dots\dots\dots (3.2)$$

Rasio kendaraan tak bermotor ( $p_{UM}$ ) dapat diperoleh dengan membagi arus kendaraan tak bermotor  $Q_{UM}$  dengan arus kendaraan bermotor total  $Q_{MV}$ .

$$p_{UM} = Q_{UM} \text{ (kend/jam)} / Q_{MV} \text{ (kend/jam)} \dots\dots\dots (3.3)$$

Nilai-nilai normal untuk komposisi lalulintas berikut dapat digunakan jika tidak ada taksiran yang lebih baik :

Tabel 3.2 Komposisi lalulintas normal suatu kota

Ukuran kota (juta penduduk)	Komposisi lalulintas kendaraan bermotor (%)			Rasio kendaraan tak bermotor $p_{UM}$
	Kendaraan ringan LV	Kendaraan berat HV	Sepeda motor MC	
> 3	60	4,5	35,5	0,01
1 – 3	55,5	3,5	41	0,05
0,5 – 1	40	3,0	57	0,14
0,1 – 0,5	63	2,5	34,5	0,05
< 0,1	63	2,5	34,5	0,05

(Sumber: MKJI, 1997)

Jenis kendaraan yang merupakan unsur lalulintas di atas roda, sesuai klasifikasi Bina Marga, dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Kendaraan ringan (LV), meliputi kendaraan bermotor as dua dengan 4 roda dan dengan as 2,0-3,0 m, termasuk mobil penumpang, oplet, mikrobis, pick-up dan truk kecil.
2. Kendaraan berat (HV), meliputi kendaraan bermotor dengan lebih dari 4 roda dan dengan as lebih dari 3,5 m, termasuk bis, truk 2 as, truk 3 as, dan truk kombinasi.
3. Kendaraan tak bermotor (UM), merupakan kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh orang atau hewan, termasuk sepeda, becak, kereta kuda dan kereta dorong.

4. Sepeda motor (MC), meliputi kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda, termasuk sepeda motor dan kendaraan roda 3.

### 3.2.2 Penggunaan Sinyal

#### 3.2.2.1 Penentuan Fase Sinyal

Fase sinyal umumnya mempunyai dampak yang besar pada tingkat kinerja dan keselamatan lalu lintas sebuah simpang daripada jenis pengaturan. Waktu hilang sebuah simpang bertambah dan rasio hijau untuk setiap fase berkurang bila fase tambahan diberikan. Jika arus belok kanan terlalu besar untuk dilayani dengan sistem dua fase maka perlu diterapkan hijau awal untuk pendekatan ini dan hijau akhir untuk pendekatan lainnya.

#### 3.2.2.2 Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang

Pada analisa yang dilakukan bagi keperluan perencanaan dan operasional disarankan untuk membuat suatu perhitungan rinci waktu antar hijau untuk waktu pengosongan dan waktu hilang, sedangkan untuk kebutuhan perancangan nilai normal waktu antar hijau dapat digunakan sebagai berikut :

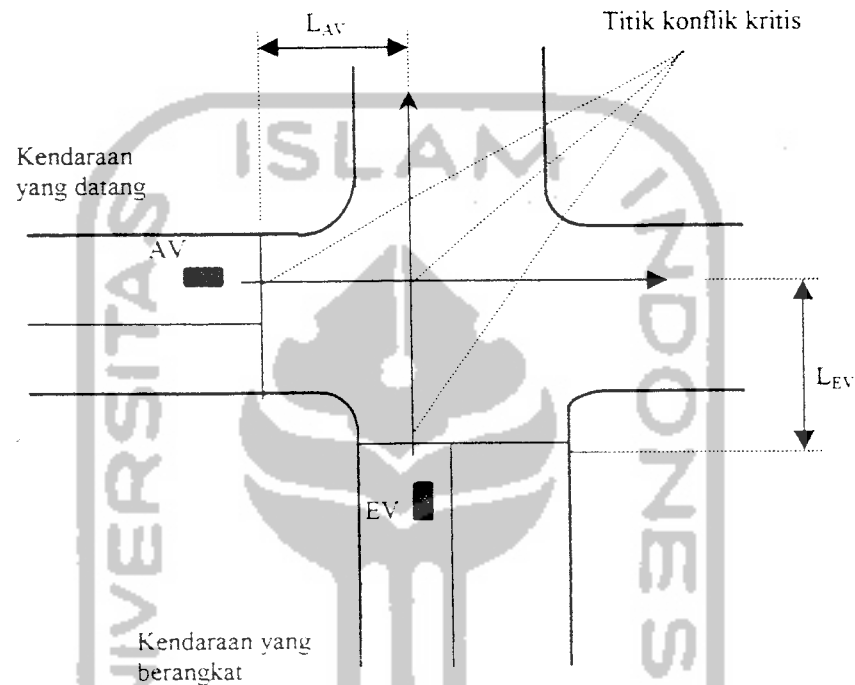
Tabel 3.3 Nilai normal waktu antar hijau

Ukuran simpang	Lebar jalan rata-rata	Nilai normal
Kecil	6 – 9 m	4 det per fase
Sedang	10 – 14 m	5 det per fase
Besar	≥ 15 m	≥ 6 det per fase

(Sumber: MKJI, 1997)

Waktu merah semua yang diperlukan bagi pengosongan pada akhir setiap fase harus memberi kesempatan bagi kendaraan terakhir (melewati garis henti pada akhir sinyal kuning) berangkat dari titik konflik sebelum kedatangan kendaraan yang datang pertama dari fase berikutnya (melewati garis henti pada

awal sinyal hijau) pada titik yang sama. Jadi merah semua merupakan fungsi dari kecepatan dan jarak dari kendaraan yang berangkat atau datang dari garis henti sampai ke titik konflik serta panjang dari kendaraan yang berangkat, sesuai gambar 3.2 berikut ini:



Gambar 3.2 Titik-titik konflik dan jarak untuk keberangkatan dan kedatangan (Sumber: MKJI, 1997)

Titik konflik kritis pada masing-masing fase adalah titik yang menghasilkan waktu merah semua ("all red time") terbesar berdasarkan rumus 3.4 di bawah ini:

$$ART = \left[ \left( \frac{L_{EV} + l_{EV}}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right) \right]_{\max} \quad (3.4)$$

dimana:

$L_{EV}, L_{AV}$  = jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m)

$V_{EV}, V_{AV}$  = kecepatan masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/detik)

$l_{EV}$  = panjang kendaraan yang berangkat (m)

Nilai-nilai yang dipilih untuk  $l_{EV}$ ,  $V_{EV}$  dan  $V_{AV}$  tergantung dari komposisi lalu lintas dan kondisi kecepatan pada lokasi. Nilai-nilai sementara berikut dapat dipilih:

- Panjang kendaraan yang berangkat  $l_{EV}$  : 5 m (LV atau HV)  
2 m (MC atau UM)
- Kecepatan kendaraan yang datang  $V_{AV}$  : 10 m/detik (MV)
- Kecepatan kendaraan yang berangkat  $V_{EV}$  : 10 m/detik (MV)  
3 m/detik (UM)

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

$$LTI = \sum (\text{merah semua} + \text{kuning}) = \sum IG \dots\dots\dots (3.5)$$

Panjang waktu kuning pada sinyal lalu lintas perkotaan di Indonesia biasanya sebesar 3 detik/fase.

### 3.2.3 Penentuan Waktu Sinyal

#### 3.2.3.1 Tipe Pendekat

Setelah tipe pendekat ditentukan dibuatlah sketsa yang menunjukkan arah dari distribusi arus kendaraan, baik pada arah sendiri maupun arah lawan.

Tipe Pendekat	Keterangan	Contoh-contoh Pola Pendekat		
Terlindung P	Arus berangkat tanpa konflik dengan lalu-lintas dari arah berlawanan	Jalan satu arah	Jalan satu arah	Simpang T
		Jalan dua arah, gerakan belok kanan terbatas		
Jalan dua arah dengan fase sinyal terpisah untuk masing-masing arah				
Terlawan O	Arus berangkat dengan konflik dengan lalu-lintas dari arah berlawanan	Jalan dua arah dengan arus berangkat dari arah-arah berlawanan dalam fase yang sama, semua belok kanan tidak terbatas		

Gambar 3.3 Penentuan tipe pendekat terlindung dan terlawan  
(Sumber: MKJI, 1997)

### 3.2.3.2 Lebar Pendekat Efektif

Beberapa pengertian mengenai lebar pada suatu pendekat antara lain:

1. Lebar pendekat ( $W_{\Delta}$ ), adalah lebar dari bagian pendekat yang diperkeras diukur di bagian tersempit di sebelah hulu dalam satuan meter.
2. Lebar masuk ( $W_{\text{masuk}}$ ), adalah lebar dari bagian pendekat yang diperkeras diukur pada garis henti dalam satuan meter.



3. Lebar keluar ( $W_{\text{keluar}}$ ), adalah lebar dari bagian pendekat yang diperkeras yang digunakan oleh lalu lintas buangan setelah melewati persimpangan jalan.
4. Lebar efektif ( $W_e$ ), adalah lebar dari bagian pendekat yang diperkeras yang digunakan dalam perhitungan kapasitas (berdasarkan  $W_A$ ,  $W_{\text{masuk}}$ ,  $W_{\text{keluar}}$  dan gerakan lalu lintas membelok) dalam satuan meter.

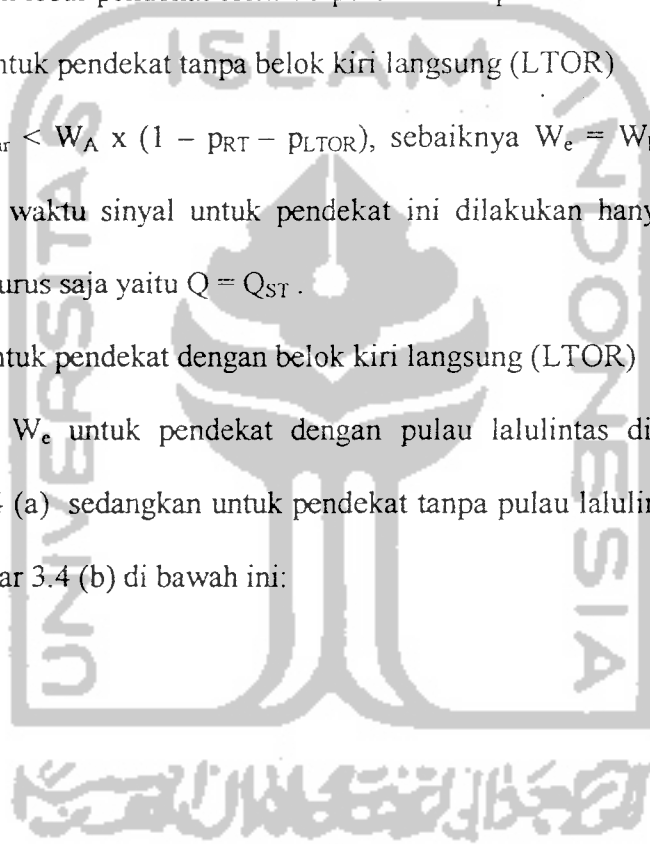
Penentuan lebar pendekat efektif diperoleh dari prosedur berikut:

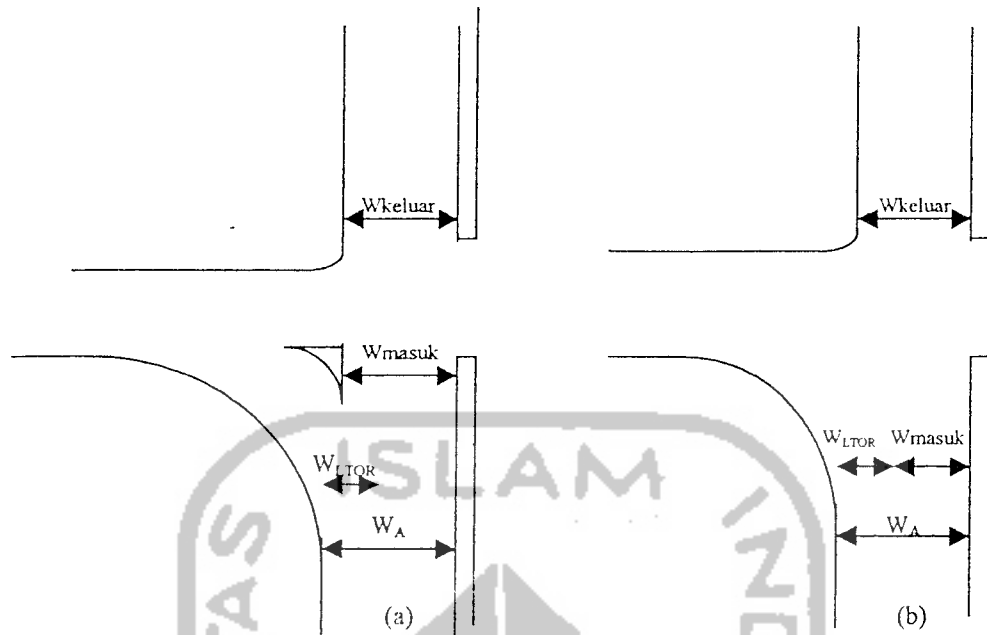
1. Prosedur untuk pendekat tanpa belok kiri langsung (LTOR)

Jika  $W_{\text{keluar}} < W_A \times (1 - p_{RT} - p_{LTOR})$ , sebaiknya  $W_e = W_{\text{keluar}}$  dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalu lintas lurus saja yaitu  $Q = Q_{ST}$ .

2. Prosedur untuk pendekat dengan belok kiri langsung (LTOR)

Penentuan  $W_e$  untuk pendekat dengan pulau lalu lintas ditunjukkan pada gambar 3.4 (a) sedangkan untuk pendekat tanpa pulau lalu lintas ditunjukkan pada gambar 3.4 (b) di bawah ini:





Gambar 3.4 Lebar pendekat dengan dan tanpa pulau lalulintas (Sumber: MKJI, 1997)

2.1 Jika  $W_{LTOR} \geq 2$  m, dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan LTOR dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan dalam pendekat selama fase merah.

a. Langkah 1:

$Q_{LTOR}$  tidak dimasukkan dalam perhitungan, sehingga:

$$Q = Q_{ST} + Q_{RT} \dots \dots \dots (3.6)$$

$$W_e = \text{nilai terkecil dari } (W_A - W_{LTOR}) \text{ atau } W_{masuk} \dots \dots \dots (3.7)$$

b. Langkah 2:

Jika  $W_{keluar} < W_A \times (1 - p_{RT})$ , sebaiknya  $W_e = W_{keluar}$  dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalulintas lurus saja yaitu  $Q = Q_{ST}$ . (hanya untuk tipe P)

2.2 Jika  $W_{LTOR} < 2$  m, dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan LTOR tidak dapat mendahului antrian kendaraan lainnya dalam pendekat selama fase merah.

a. Langkah 1:

Besaran  $Q_{LTOR}$  diikutsertakan dalam perhitungan selanjutnya, sehingga:

$W_e$  merupakan nilai terkecil dari ketiga nilai berikut:

$$W_A, (W_{masuk} + W_{LTOR}) \text{ atau } [W_A \times (1 + p_{LTOR}) - W_{LTOR}] \dots \dots \dots (3.8)$$

b. Langkah 2:

Jika  $W_{keluar} < W_A \times (1 - p_{RT} - p_{LTOR})$ , sebaiknya  $W_e = W_{keluar}$  dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalulintas lurus saja yaitu  $Q = Q_{ST}$ .

### 3.2.3.3 Arus Jenuh Dasar

Untuk pendekat tipe terlindung (P) nilai  $S_o$  ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat, yang dihitung sebagai:

$$S_o = 600 \times W_e \text{ (smp/jam hijau)} \dots \dots \dots (3.9)$$

### 3.2.3.4 Faktor Penyesuaian

Faktor penyesuaian adalah faktor koreksi untuk penyesuaian dari sekumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya, meliputi faktor penyesuaian ukuran kota, hambatan samping, kelandaian, parkir, belok kanan dan belok kiri.

Tabel 3.4 Faktor penyesuaian ukuran kota ( $F_{CS}$ )

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

(Sumber: MKJI, 1997)

Tabel 3.5 Faktor penyesuaian hambatan samping ( $F_{SF}$ )

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor ( $P_{UM}$ )					
			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
Pemukiman (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)

Faktor penyesuaian kelandaian untuk kelandaian 0 % adalah sebesar  $F_G = 1$ , sedangkan faktor penyesuaian pengaruh parkir ditentukan dengan rumus:

$$F_p = [(L_p/3) - (W_A - 2) \times ((L_p/3) - g) / W_A] / g \dots\dots\dots (3.10)$$

Faktor penyesuaian belok kanan berlaku untuk pendekat tipe P tanpa median, jalan dua arah dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk, sedangkan faktor penyesuaian belok kiri berlaku untuk pendekat tipe P tanpa LTOR, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk, yang dapat dihitung sebagai berikut:

$$F_{RT} = 1 + (p_{RT} \times 0,26) \dots\dots\dots (3.11)$$

$$F_{LT} = 1 - (p_{LT} \times 0,16) \dots\dots\dots (3.12)$$

Setelah faktor penyesuaian ditentukan, nilai arus jenuh yang disesuaikan dihitung sebagai:

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \text{ (smp/jam-hijau)} \dots\dots\dots (3.13)$$

### 3.2.3.5 Rasio Arus dan Rasio Arus Jenuh

Prosedur untuk menentukan rasio arus dan rasio arus jenuh antara lain:

1. Memasukkan arus lalu lintas tiap pendekatan (Q) dengan memperhatikan hal-hal berikut:

- a. Jika LTOR harus dikeluarkan dari analisa, hanya gerakan lurus dan belok kanan yang dimasukkan dalam nilai Q.
- b. Jika  $W_e = W_{\text{keluar}}$ , hanya gerakan lurus yang dimasukkan dalam nilai Q.

2. Menghitung rasio arus masing-masing pendekatan dengan rumus:

$$FR = Q / S \dots\dots\dots (3.14)$$

3. Memberi tanda rasio arus kritis atau tertinggi ( $FR_{\text{CRIT}}$ ) pada tiap fase.

4. Menghitung rasio arus simpang sebagai jumlah dari nilai-nilai FR.

$$IFR = \sum (FR_{\text{CRIT}}) \dots\dots\dots (3.15)$$

5. Menghitung rasio fase pada tiap fase sebagai rasio antara  $FR_{\text{CRIT}}$  dan IFR dengan rumus:

$$PR = FR_{\text{CRIT}} / IFR \dots\dots\dots (3.16)$$

### 3.2.3.6 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Langkah-langkah yang dilakukan antara lain:

1. Menghitung waktu siklus sebelum penyesuaian untuk pengendalian waktu tetap dengan rumus:

$$c_{ua} = (5 + (1,5 \times LTI)) / (1 - IFR) \dots\dots\dots (3.17)$$

Pada tabel 3.6 dapat dilihat waktu siklus yang disarankan untuk berbagai pengaturan fase.

Tabel 3.6 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: MKJI, 1997)

Nilai yang lebih rendah dipakai untuk simpang dengan lebar < 10 m dan nilai yang lebih tinggi untuk jalan yang lebih lebar. Waktu siklus yang melebihi nilai yang disarankan akan menyebabkan kesulitan bagi pejalan kaki untuk menyeberang jalan. Waktu siklus yang melewati 130 detik harus dihindari kecuali pada simpang sangat besar, karena hal ini akan menyebabkan kerugian dalam kapasitas secara keseluruhan. Jika perhitungan menghasilkan waktu siklus yang jauh lebih tinggi dari batas yang disarankan, hal ini menandakan bahwa kapasitas dari denah simpang tersebut tidak mencukupi.

2. Menghitung waktu hijau untuk tiap fase dengan rumus:

$$g_i = (c_{ua} - LTI) \times PR_i \dots\dots\dots (3.18)$$

Waktu hijau yang lebih pendek dari 10 detik harus dihindari karena dapat mengakibatkan pelanggaran lampu merah yang berlebihan dan kesulitan bagi pejalan kaki saat menyeberang jalan.

- Menghitung waktu siklus yang disesuaikan berdasarkan waktu hijau (yang telah dibulatkan) dan waktu hilang.

$$c = \sum g + LTI \dots\dots\dots (3.19)$$

### 3.2.4 Penentuan Kapasitas

#### 3.2.4.1 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Prosedur yang dilakukan adalah:

- Menghitung kapasitas tiap pendekat dengan rumus:

$$C = S \times (g / c) \dots\dots\dots (3.20)$$

- Menghitung derajat kejenuhan tiap pendekat dengan rumus:

$$DS = Q / C \dots\dots\dots (3.21)$$

#### 3.2.4.2 Keperluan Untuk Perubahan

Jika waktu siklus yang dihitung pada langkah 3.2.3.6 lebih besar dari batas atas yang disarankan pada bagian yang sama, nilai derajat kejenuhan umumnya akan lebih tinggi dari 0,85. Hal ini menunjukkan simpang tersebut mendekati lewat jenuh yang akan menyebabkan antrian panjang kendaraan pada kondisi lalulintas puncak. Kemungkinan untuk menambah kapasitas simpang melalui salah satu dari tindakan berikut perlu dipertimbangkan:

- Perubahan fase sinyal

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

Jika simpang dioperasikan dalam empat fase dengan arus berangkat terpisah untuk tiap pendekat, rencana fase dengan dua fase mungkin akan memberikan kapasitas lebih tinggi asalkan gerakan belok kanan  $< 200$  smp/jam.

## 2. Penambahan lebar pendekat

Jika mungkin untuk menambah lebar pendekat, pengaruh terbaik dari tindakan ini akan diperoleh jika dilakukan pada pendekat dengan nilai  $FR_{CRIT}$  tertinggi.

## 3. Pelarangan gerakan belok kanan

Pelarangan bagi satu atau lebih gerakan belok kanan biasanya menaikkan kapasitas, terutama jika hal itu menyebabkan pengurangan jumlah fase yang diperlukan.

### 3.2.5. Penentuan Panjang Antrian

#### 3.2.5.1 Persiapan

Sebelum menentukan perilaku lalulintas panjang antrian diperlukan persiapan-persiapan sebagai berikut:

1. Mengisikan informasi yang diperlukan pada bagian atas formulir.
2. Memasukkan kode pendekat.
3. Memasukkan arus lalulintas  $Q$  (smp/jam) tiap pendekat
4. Memasukkan kapasitas  $C$  (smp/jam) tiap pendekat.
5. Memasukkan derajat kejenuhan  $DS$  tiap pendekat.
6. Menghitung rasio hijau  $GR$  tiap pendekat dari hasil penyesuaian.
7. Memasukkan arus total dari seluruh gerakan  $LTOR$  dalam smp/jam yang diperoleh sebagai jumlah dari seluruh gerakan  $LTOR$ .



### 3.2.5.2 Panjang Antrian

Panjang antrian dapat ditentukan setelah persiapan selesai dilakukan.

1. Menghitung jumlah kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya.

Prosedur berikut berlaku untuk nilai  $DS > 0,50$  :

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[ (DS-1) + \sqrt{(DS-1)^2 + \frac{8 \times (DS-0,5)}{C}} \right] \dots\dots\dots (3.22)$$

dan jika nilai  $DS < 0,5$  nilai  $NQ_1 = 0$  ..... (3.23)

2. Menghitung jumlah antrian yang datang selama fase merah dengan rumus:

$$NQ_2 = c \times \frac{Q}{3600} \times \frac{(1-GR)}{1-(GR \times DS)} \dots\dots\dots (3.24)$$

dimana :

$$GR = g / c \dots\dots\dots (3.25)$$

3. Menjumlahkan kendaraan antri total.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \text{ (smp)} \dots\dots\dots (3.26)$$

### 3.3 Analisa Statistik Panjang Antrian

Prosedur penentuan panjang antrian lapangan dapat dilihat pada bab IV.

Hasil perhitungan panjang antrian metoda MKJI 1997 dan panjang antrian lapangan yang telah dilakukan selanjutnya dianalisis dengan metoda chi kuadrat, metoda regresi linear dan metoda korelasi linear.

#### 3.3.1 Metoda Chi Kuadrat

Metoda ini digunakan untuk mengadakan estimasi atau pengujian hipotesa.

Sebagai alat estimasi chi kuadrat digunakan untuk menaksir apakah ada perbedaan signifikan atau tidak antara frekuensi yang diobservasi dengan frekuensi yang

diharapkan. Sebagai alat pengujian hipotesa chi kuadrat digunakan untuk mengetahui apakah frekuensi yang diperoleh berbeda secara signifikan dengan frekuensi yang diharapkan. Chi kuadrat juga berguna dalam menguji hipotesa tentang ada tidaknya korelasi antar dua faktor atau lebih.

Uji ini dapat dilihat dengan “Pearson’s test for goodness of fit” sebagai berikut :

- Hipotesis nul ( $H_0$ ) : tidak terdapat perbedaan antara nilai panjang antrian metoda MKJI 1997 dengan panjang antrian lapangan.

Bila dinyatakan dengan persamaan matematik adalah sebagai berikut:

$$H_0 : p_1 = p_{10} = p_k = p_{k0}$$

- Nilai chi kuadrat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$X^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E} \dots \dots \dots (3.27)$$

dimana:

$X^2$  : nilai chi kuadrat

O : frekuensi yang diobservasi, nilai panjang antrian lapangan

E : frekuensi yang diharapkan, nilai panjang antrian metoda MKJI 1997

- Distribusi derajat kebebasan  $df = (N - 1)$ .
- Tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) diambil sebesar 5 % dan 0,5 %.
- Jika nilai  $X^2 > X^2_\alpha$  berarti terdapat hubungan yang signifikan dan  $H_0$  kita tolak.

### 3.3.2 Metoda Regresi Linear

Analisa regresi merupakan suatu alat analisa untuk memperoleh suatu persamaan dan garis yang menunjukkan persamaan hubungan antara dua variabel, dan mengestimasi nilai suatu variabel berdasarkan nilai variabel lain yang diketahui. Untuk menentukan ketepatan garis estimasi yang baik digunakan metoda kuadrat terkecil ("least square method"). Pola hubungan antara dua variabel X dan Y dikatakan linear bila besar perubahan yang diakibatkan oleh perubahan nilai-nilai X konstan pada jangkauan nilai X yang diperhitungkan. Model matematika sederhana untuk regresi linear adalah: (Anto Dajan, 1984)

$$Y = a + b.X \dots\dots\dots (3.28)$$

dimana:

X = variabel bebas (dependen)

Y = variabel tak bebas (independen)

a, b = koefisien regresi, yang diberikan oleh persamaan berikut:

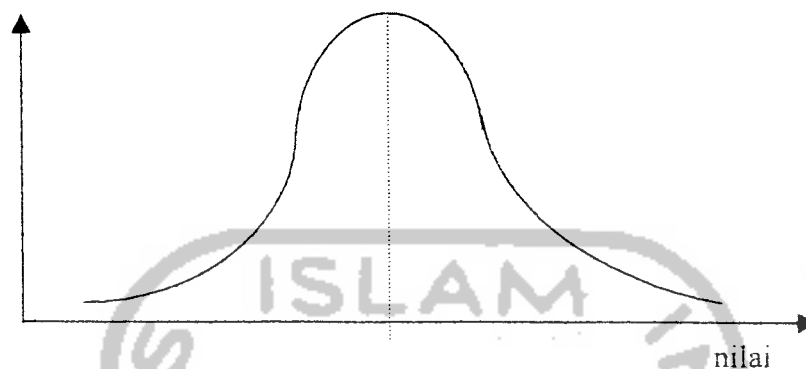
$$b = \frac{(N.\Sigma XY) - (\Sigma X.\Sigma Y)}{(N.\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2} \dots\dots\dots (3.29)$$

$$a = \frac{\Sigma Y - (b.\Sigma X)}{N} \dots\dots\dots (3.30)$$

dengan N adalah jumlah data pengamatan.

Hasil-hasil pengamatan akan terdistribusi atau berdistribusi secara normal jika nilai N cukup besar (120 data atau lebih), sedangkan jika nilai N kecil (kurang dari 120) hasil pengamatan tidak lagi mengikuti sifat-sifat distribusi normal sehingga penggunaan tabel kurva normal akan memberikan interpretasi yang

kurang teliti. Untuk nilai  $N < 30$  sebaiknya menggunakan tabel nilai  $t$  atau tabel nilai  $r$ . (Sutrisno Hadi, 1989)



Gambar 5.1 Kurva distribusi normal  
(Sumber: Sutrisno Hadi, 1989)

### 3.3.3 Metoda Korelasi Linear

Analisa korelasi digunakan untuk mengukur tingkat keeratan hubungan antara dua variabel. Perhitungan derajat keeratan didasarkan pada persamaan regresi. Tingkat keeratan hubungan antara dua variabel dapat dihitung dengan suatu nilai relatif yang berbentuk koefisien determinasi (dengan simbol  $r^2$ ) dan koefisien korelasi (dengan simbol  $r$ ).

Nilai  $r^2$  mendekati nol atau sama dengan nol menunjukkan tidak adanya korelasi yang didasarkan pada garis lurus, sedangkan nilai  $r^2$  mendekati satu menunjukkan adanya korelasi yang sempurna. Jika nilai  $r$  positif maka korelasi yang terjadi bersifat searah, artinya kenaikan/penurunan nilai-nilai  $X$  terjadi bersama-sama dengan kenaikan/penurunan nilai  $Y$ .

Nilai  $r$  dapat dihitung dengan rumus berikut: (Anto Dajan, 1983)

$$r = \frac{(N \cdot \Sigma XY) - (\Sigma X \cdot \Sigma Y)}{\sqrt{(N \cdot \Sigma X^2) - (\Sigma X)^2} \cdot \sqrt{(N \cdot \Sigma Y^2) - (\Sigma Y)^2}} \quad (3.31)$$

Bilamana nilai  $r$  yang kita hitung sama dengan atau lebih besar dari nilai  $r$  dalam tabel nilai  $r$ , maka nilai  $r$  yang kita peroleh tersebut signifikan, sehingga kita akan menolak hipotesa yang mengatakan bahwa korelasi antara dua variabel adalah nul/nihil atas dasar taraf signifikansi ( $\alpha$ ) yang kita gunakan.

Penentuan batas derajat tingkat kepercayaan adalah sebagai berikut:

(Sutrisno Hadi, 1989)

- $r \geq 0,70$  : hubungan antara dua variabel adalah baik.
- $0,50 \leq r < 0,70$  : hubungan antara dua variabel adalah cukup baik.
- $0,25 \leq r < 0,50$  : hubungan antara dua variabel sangat meragukan.
- $r < 0,25$  : hubungan antara dua variabel tidak baik.

