

**BAB III**  
**LANDASAN TEORI**

**A. Teori Analisis Simpang**

Menurut PKJI (2014) untuk kerja simpang dibedakan atas simpang bersinyal dan simpang tak bersinyal. indikator untuk kerja simpang bersinyal antara lain nilai arus jenuh dasar ( $S_o$ ), nilai arus jenuh ( $S$ ), perbandingan arus lalu lintas dengan arus jenuh ( $R_{Q/S}$ ), waktu siklus ( $c$ ), waktu hijau ( $H$ ), kapasitas ( $C$ ), derajat kejenuhan ( $D_j$ ).

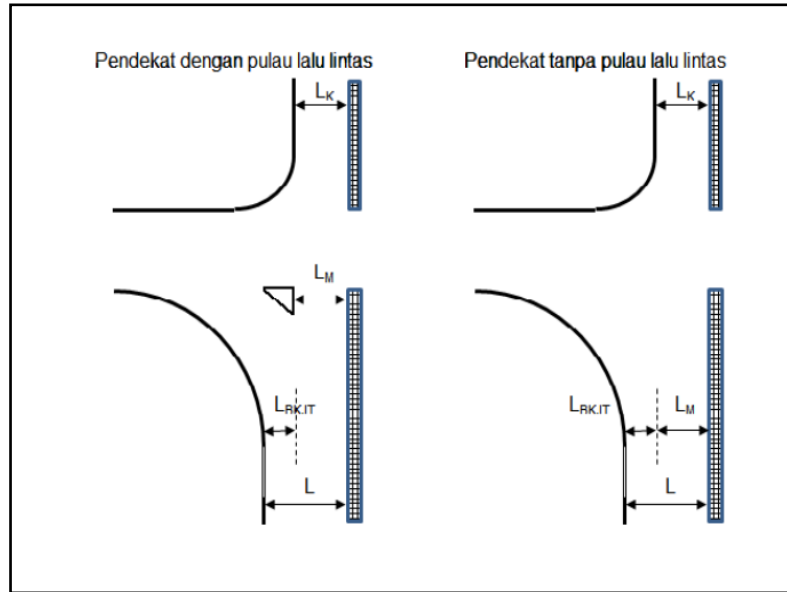
1. Lebar pendekat efektif

Penentuan lebar pendekat efektif ( $L_E$ ) berdasarkan lebar ruas pendekat ( $L$ ), lebar masuk ( $L_M$ ), dan lebar keluar ( $L_K$ ). jika ( $B_{KijT}$ ) diizinkan tanpa mengganggu arus lurus dan arus belok kanan saat isyarat merah, maka  $L_E$  dipilih dari nilai terkecil diantara  $L_K$  dan ( $L_M - L_{B_{KijT}}$ ).

a. Untuk pendekat tanpa belok kiri langsung ( $L_M$ )

Jika  $L_K < L_M \times (1 - R_{BKa} - R_{BKijT})$ , tetapkan  $L_E = L_K$ , dan analisis penentu waktu isyarat untuk pendekat ini hanya didasarkan pada arus lurus saja. Apabila pendekat dilengkapi pulau lalu lintas, maka  $L_M$  ditetapkan seperti gambar 3.1 sebelah kiri dan apabila tidak dilengkapi pulau lalu lintas, maka persamaan yang diperoleh

$$L_M = L - L_{B_{KijT}} \dots\dots\dots (3.1)$$



Gambar 3.1 Lebar pendekat dengan dan tanpa pulau lalu lintas  
(Sumber : *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014*)

- 1) Bila  $L_{BKJT} \geq 2m$ , maka arus kendaraan  $B_{KJT}$  dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan selama isyarat merah.  $L_E$  ditetapkan sebai berikut :

Langkah 1

keluarkan arus  $B_{KJT}$  ( $q_{KJT}$ ) dari perhitungan dan selanjutnya arus yang dihitung adalah  $q = q_{LRS} + q_{BKa}$ , maka lebar efektif

$$L_E = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} L - L_{BKJT} \\ L_M \end{array} \right. \dots\dots\dots (3.2)$$

Langkah 2 :

Periksa  $L_K$  ( hanya untuk pendekat tipe P ), jika  $L_K < L_M \times (1 - R_{BKa})$ , maka  $L_E = L_K$  dan analisis penentuan waktu isyarat untuk pendekatan ini didasarkan hanya bagian lalun lintas yang lurus saja yaitu  $q_{LRS}$

- 2) Bila  $L_{BKJT} < 2m$ , maka kendaraan  $B_{KJT}$  dianggap tidak dapat mendahului antrian kendaraan lainnya selama isyarat merah.  $L_E$  ditetapkan sebagai berikut

Langkah 1

Sertakan  $q_{BKJT}$  pada perhitungan selanjutnya

$$L_E = \text{Min} \begin{cases} L \\ L_M + L_{BKijT} \\ L \times (1 + R_{BKijT}) - L_{BKijT} \end{cases} \dots\dots\dots(3.3)$$

Langkah 2

Periksa  $L_K$  (hanya untuk pendekatan tipe P), jika  $L_K < L_{MX}(1-R_{BKa}-R_{BKijT})$ , maka  $L_E = L_k$  dan analisis penentuan waktu isyarat untuk pendekatan ini dilakukan untuk arus lurus saja.

### B. Kondisi Arus Lalu Lintas

Data lalu lintas yang diperoleh dibagi kedalam beberapa tipe kendaraan yaitu kendaraan kendaraan berat (KB), kendaraan ringan (KR), sepeda motor (SM), kendaraan tak bermotor (KTB). Pada PKJI (2014) kendaraan tidak bermotor termasuk kategori sebagai hambatan samping.

Untuk perhitungan arus lalu lintas digunakan satuan smp/jam yang dibagi kedalam dua tipe yakni arus terlindung (*protected traffic flow*) dan arus berlawanan arah (*opposed traffic flow*), yang tergantung pada fase sinyal dan gerakan belok kanan.

Tabel 3.1 Klasifikasi kendaraan

No	Klasifikasi	Jenis Kendaraan
1	Kendaraan Ringan (KR)	Sedan, jeep, kombi, angkot, minibus, minibox, pickup.
2	Kendaraan Berat (KB)	Bus, truk kecil, truk dua sumbu, bus kecil, truk gandeng, truk tiga sumbu.
3	Sepeda Motor (SM)	Sepeda motor dan kendaraan bermotor roda 3
4	Kendaraan Tak Bermotor (KTB)	Sepeda, becak, dokar, andong

(Sumber : *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014*)

Table 3.2 Nilai konversi smp

Tipe kendaraan	Nilai ekr	
	Terlindung	Terlawan
KB	1,3	1,3
KR	1,0	1,0
SM	0,15	0,4

(Sumber : *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014*)

### 1. Perhitungan Penilaian Arus Jenuh

Arus jenuh ( $S$ , skr/jam) ialah hasil perkalian dari arus jenuh dasar ( $S_o$ ) dengan faktor-faktor penyesuaian untuk penyimpangan kondisi eksisting terhadap kondisi ideal.  $S_o$  ialah  $S$  pada keadaan lalu lintas dan geometric yang ideal, sehingga faktor-faktor penyesuaiannya untuk  $S_o$  adalah satu.  $S$  dirumuskan sebagai

$$S = S_o \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \quad \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan :

$F_{HS}$  adalah faktor penyesuaian  $S_o$  akibat HS lingkungan jalan

$F_{UK}$  adalah faktor penyesuaian  $S_o$  terkait ukuran kota

$F_G$  adalah faktor penyesuaian  $S_o$  akibat kelandaian memanjang pendekat

$F_P$  adalah faktor penyesuaian  $S_o$  akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama

$F_{BK_i}$  adalah faktor penyesuaian  $S_o$  akibat arus lalu lintas yang membelok ke kiri

$F_{BK_a}$  adalah faktor penyesuaian  $S_o$  akibat arus lalu lintas yang membelok ke kanan

### 2. Arus Jenuh Dasar

Arus jenuh dasar dibagi atas 2 tipe yaitu

- a. Untuk pendekat terlindung (P),  $S_o$  sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat.  $S_o$  ditentukan oleh persamaan rumus dan dapat pula dengan menggunakan diagram.

$$S_o = 600 \times L_E \dots\dots\dots(3.5)$$



Gambar 3.2 Diagram arus jenuh dasar tipe pendekat terlindung, P

(Sumber : *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014*)

b. Tipe pendekat tak terlindung (O)

- 1) Tidak dilengkapi lajur belok kanan terpisah, maka  $S_o$  ditentukan menggunakan grafik yang terdapat dalam PKJI (2014).  $S_o$  sebagai fungsi dari  $L_E$ ,  $Q_{BKa}$ , dan  $Q_{BKa,O}$

3. Faktor penyesuaian ukuran kota ( $F_{UK}$ )

Table 3.3 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota ( $F_{UK}$ )

Jumlah penduduk kota (juta jiwa)	Faktor penyesuaian ukuran kota ( $F_{UK}$ )
> 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 : *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014*)

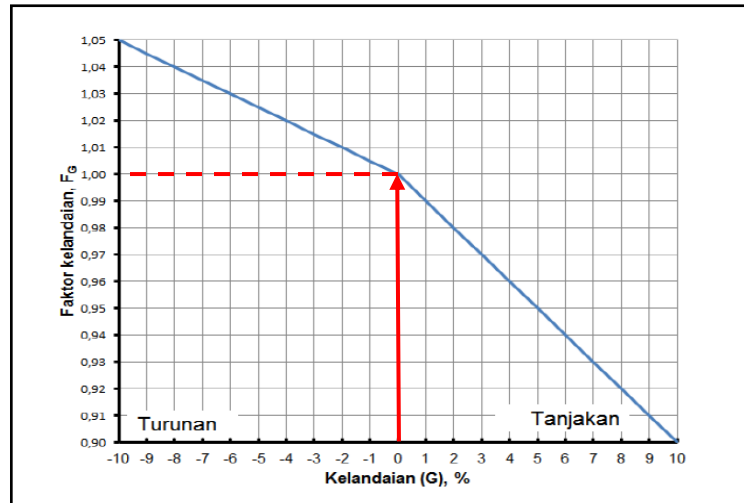
#### 4. Faktor penyesuaian lingkungan jalan ( $F_{HS}$ )

Faktor koreksi hambatan samping ( $F_{HS}$ ) merupakan fungsi dari jenis lingkungan jalan, hambatan samping, dan rasio kendaraan tak bermotor. Jika hambatan samping tidak didapatkan, gangguan samping tidak diketahui dapat diasumsikan nilai yang tinggi agar tidak terjadi *over estimate* untuk kapasitas.

Table 3.4 Penyesuaian untuk tipe lingkungan simpang, hambatan samping, dan kendaraan tak bermotor ( $F_{HS}$ )

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq$ 0,25
Komersial (KOM)	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 (KIM)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses Terbatas	Tinggi/Sedang	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
	Rendah	Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

(Sumber : *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014*)

5. Faktor penyesuaian kelandaian ( $F_G$ )

Gambar 3.3 Faktor penyesuaian kelandaian  
(Sumber : *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014*)

6. Faktor penyesuaian parkir ( $F_P$ )

Faktor penyesuaian parkir ( $F_P$ ) adalah jarak dari garis henti ke kendaraan yang parkir pertama dan lebar pendekat. Nilai ( $F_P$ ) dapat ditentukan oleh grafik dan dapat dihitung dengan rumus

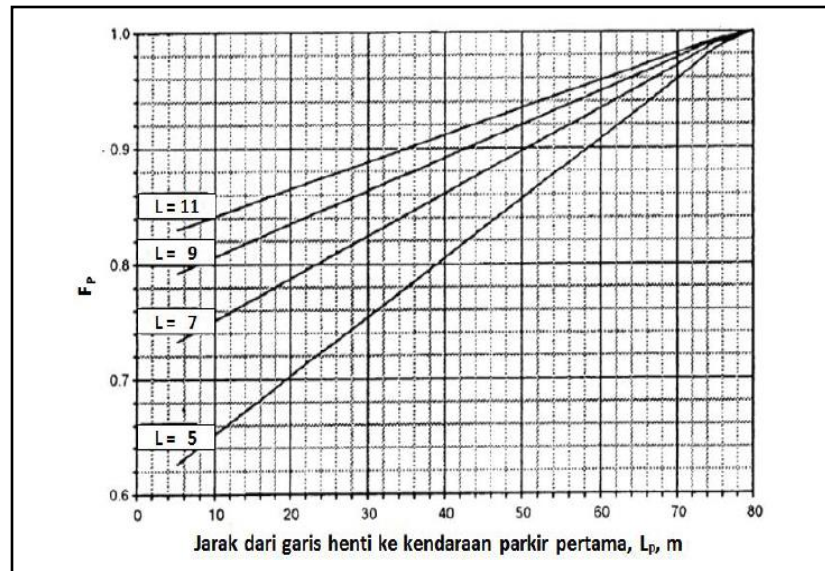
$$F_P = \frac{\left| \frac{L_P}{3} - \frac{(L-2)X \left( \frac{L_P}{3} - g \right)}{L} \right|}{H} \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan

$L_P$  adalah jarak antara garis henti ke kendaraan yang parkir pertama pada lajur belok kiri atau panjang dari lajur belok kiri yang pendek, (m)

$L$  adalah lebar pendekat (m)

$H$  adalah waktu hijau pada pendekat yang ditinjau (nilai normalnya 26 detik)

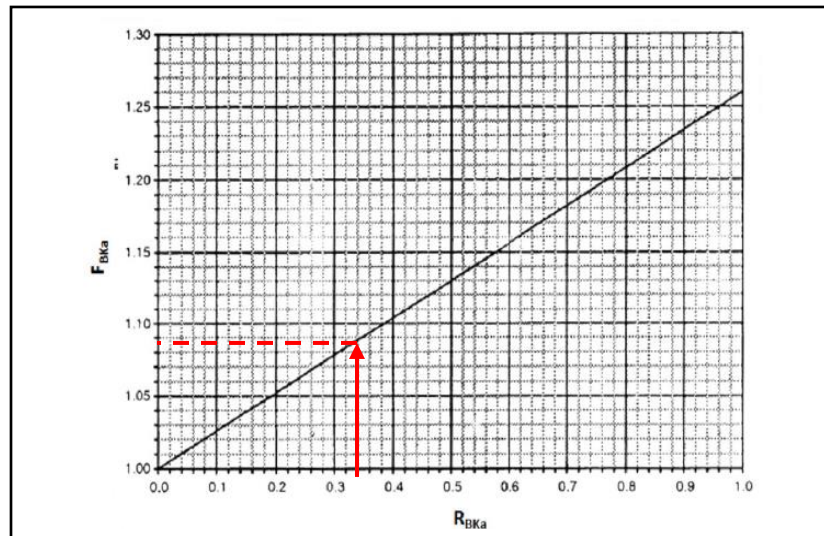


Gambar 3.4 Faktor penyesuaian parkir  
(Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014)

7. Faktor penyesuaian belok kanan ( $F_{BKa}$ )

Faktor penyesuaian belok kanan ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan  $R_{BKa}$ . Perhitungan hanya berlaku untuk pendekatan tipe P, tanpa median, tipe jalan dua arah, dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

$$F_{BKa} = 1,0 + R_{BKa} \times 0,26 \dots\dots\dots(3.7)$$



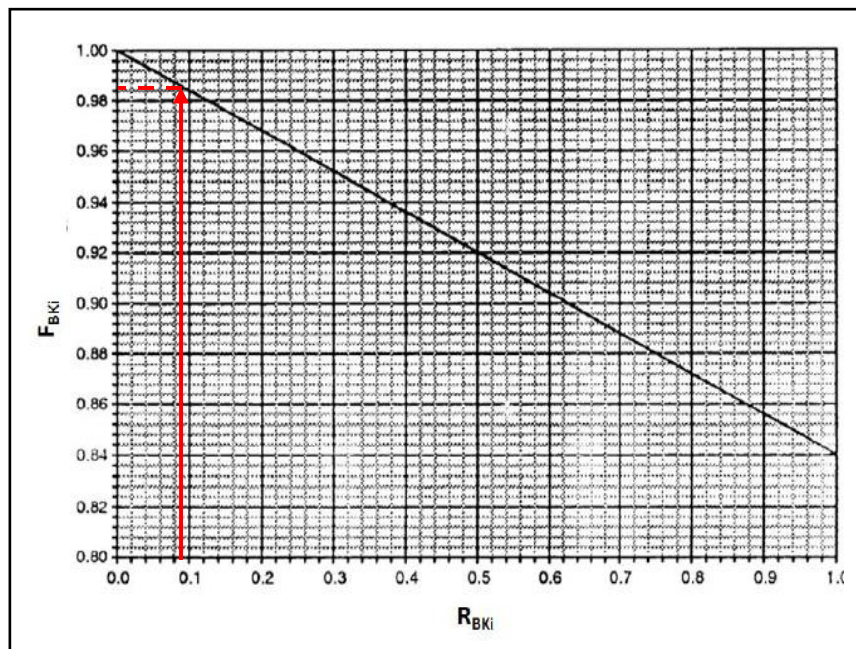
Gambar 3.5 Faktor penyesuaian untuk belok kanan ( $F_{BKa}$ ), pada pendekatan tipe P dengan jalan dua arah, dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk  
(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014)



8. Faktor penyesuaian belok kiri ( $F_{BK_i}$ )

Faktor penyesuaian belok kiri ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri  $R_{BK_i}$ , perhitungan ini berlaku untuk pendekat tipe P tanpa  $B_{KIJT}$ , lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus atau dapat ditentukan oleh grafik

$$F_{BK_i} = 1,0 - R_{BK_i} \times 0,16 \quad \dots\dots\dots(3.8)$$



Gambar 3.6 Faktor penyesuaian untuk pengaruh belok kiri ( $F_{BK_i}$ ) untuk pendekat tipe P, tanpa  $B_{IJT}$ , dan  $L_E$  ditentukan oleh  $L_M$  (Sumber : Sumber : *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014*)

9. Rasio Arus / Arus Jenuh ( $R_{Q/S}$ )

Perlu diperhatikan bahwa :

- a. Bila arus  $B_{KIJT}$  harus dipisahkan dari analisis, maka hanya arus lurus dan belok kanan saja yang dihitung sebagai nilai Q
- b. Bila  $L_E = L_K$ , maka hanya arus lurus saja yang masuk dalam nilai Q
- c. Bila pendekat mempunyai dua fase, yaitu fase kesatu untuk arus terlawan (O) dan fase kedua untuk arus terlindung (P), maka arus gabungan dihitung dengan pembobotan seperti proses perhitungan arus jenuh.

$R_{Q/S}$  dihitung dengan persamaan rumus

$$R_{Q/S} = Q/S \dots\dots\dots(3.9)$$

#### 10. Rasio Fase, $R_F$

Rasio fase yaitu rasio antara arus lalu lintas terhadap rasio arus lalu lintas simpang. Nilai  $R_F$  dihitung masing-masing fase sebagai rasio antara  $R_{Q/S \text{ Kritis}}$  dan  $R_{AS}$ .

$$R_F = \frac{R_{Q/S \text{ kritis}}}{R_{AS}} \dots\dots\dots(3.10)$$

Rasio arus simpang ( $R_{AS}$ ) dihitung sebagai jumlah dari nilai  $R_{Q/S \text{ Kritis}}$  dimana  $R_{Q/S \text{ Kritis}}$  diambil dari rasio arus tertinggi dari masing-masing fase.

$$R_{AS} = \sum_i (R_{Q/S \text{ Kritis}})_i \dots\dots\dots(3.11)$$

#### 11. Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Waktu isyarat terdiri dari waktu siklus (c) dan waktu hijau (H).

##### a. Waktu Siklus (c)

Rumus waktu siklus bertujuan meminimumkan tundaan total. Nilai c ditetapkan dengan menggunakan persamaan

$$c = \frac{(1,5 \times H_H + 5)}{1 - \sum R_{Q/S \text{ kritis}}} \dots\dots\dots(3.12)$$

keterangan

c adalah waktu siklus (detik)

$H_H$  adalah jumlah waktu hijau hilang per siklus (detik)

$R_{Q/S}$  adalah rasio arus, yaitu arus dibagi arus jenuh (Q/S)

$R_{Q/S \text{ kritis}}$  adalah nilai  $R_{Q/S}$  yang tertinggi dari semua pendekatan yang berangkat pada fase yang sama

$\sum R_{Q/S \text{ kritis}}$  adalah rasio arus simpang (sama dengan jumlah semua  $R_{Q/S \text{ kritis}}$  dari semua fase) pada siklus tersebut

Waktu siklus yang diperoleh diharapkan sesuai dengan batas yang disarankan pada PKJI 2014 sebagai pertimbangan yang dijelaskan pada table berikut :

Tabel 3.5 Waktu siklus yang layak

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus Yang Layak (detik)
Dua-fase	40-80
Tiga-fase	50-100
Empat-fase	80-130

(Sumber : *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014*)

b. Waktu Hijau (H)

Waktu hijau merupakan waktu isyarat yang berfungsi sebagai izin berjalan bagi kendaraan pada lengan simpang yang ditinjau. Waktu hijau dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$H_i = (c - H_H) \times \frac{R_{Q/S \text{ Kritis}}}{\sum^i (R_{Q/S \text{ Kritis}})_i} \dots\dots\dots(3.13)$$

Keterangan :

$H_i$  adalah waktu hijau pada fase i (detik)

$i$  adalah indeks untuk fase ke i

waktu siklus yang lebih rendah dari nilai diatas, cenderung menyebabkan kesulitan bagi pejalan kaki yang akan menyebrang jalan. Waktu siklus yang lebih dari 130 detik harus dihindarkan kecuali pada kasus sangat khusus, Karena hal tersebut sering menimbulkan menurunnya kapasitas keseluruhan simpang.

12. Kapasitas Simpang

Kapasitas untuk tiap lengan simpang dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$C = S \times \frac{H}{c} \dots\dots\dots(3.14)$$

Keterangan :

C : Kapasitas simpang bersinyal (skr/jam)

S : Arus jenuh (skr/jam)

H : Total waktu hijau dalam satu siklus (detik)

### 13. Derajat Kejenuhan ( $D_j$ )

Derajat kejenuhan ( $D_j$ ) dihitung menggunakan persamaan :

$$D_j = \frac{Q}{C} \quad \dots\dots\dots(3.15)$$

Keterangan

$D_j$  = derajat kejenuhan

$Q$  = arus lalu lintas (smp/jam)

$C$  = kapasitas (smp/jam)

### 14. Panjang Antrian ( $N_A$ )

Jumlah rata-rata antrian kendaraan (skr) pada awal isyarat lampu hijau ( $N_Q$ ) dihitung sebagai jumlah kendaraan terhenti (skr) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya ( $N_{Q1}$ ) ditambah jumlah kendaraan (skr) yang datang dan terhenti dalam antrian selama fase merah ( $N_{Q2}$ ), dihitung dengan rumus :

$$N_Q = N_{Q1} + N_{Q2} \quad \dots\dots\dots(3.16)$$

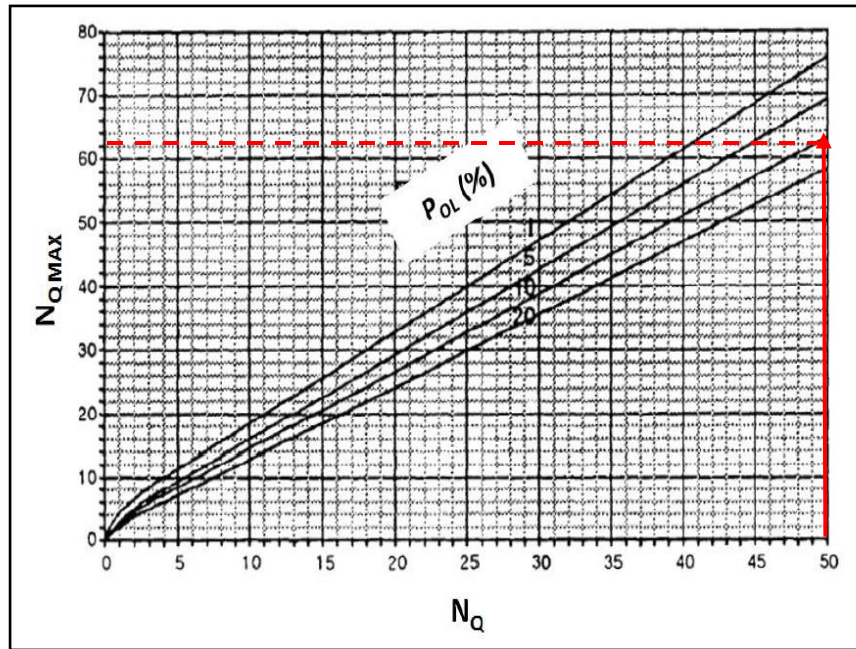
Jika  $D_j > 0,5$  maka

$$N_{Q1} = 0,25 \times c \times \left\{ (D_j - 1)^2 + \sqrt{(D_j - 1)^2 + \frac{8 \times (D_j - 0,5)}{c}} \right\} \quad \dots\dots\dots(3.17)$$

Jika  $D_j \leq 0,5$  maka  $N_{Q1} = 0$

$$N_{Q2} = c \times \frac{(1 - R_H)}{(1 - R_H \times D_j)} \times \frac{Q}{3600} \quad \dots\dots\dots(3.18)$$

Lakukan koreksi untuk mengevaluasi pembebanan yang lebih dari  $N_Q$ . Apabila diinginkan peluang untuk terjadi pembebanan sebesar  $P_{OL}(\%)$ , maka ditetapkan nilai  $N_{QMAX}$  dengan gambar 3.7 untuk desain dan perencanaan disarankan  $P_{OL} \leq 5\%$ . Untuk analisis operasional, nilai  $P_{OL} = 5\%$  sampai  $10\%$  masih dapat diterima



Gambar 3.7 Jumlah antrian maksimum  
(Sumber : *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014*)

Selanjutnya menghitung Panjang Antrian (PA) yang didapat dari perkalian  $N_Q$  (skr) dengan luas area rata-rata yang digunakan oleh satu kendaraan ringan (ekr) yaitu 20m<sup>2</sup>, dibagi lebar masuk (m) sesuai persamaan berikut :

$$PA = N_{Qmax} \times \frac{20}{L_M} \dots\dots\dots(3.19)$$

15. Rasio Kendaraan Henti ( $R_{KH}$ )

Rasio kendaraan henti ialah rasio kendaraan pada pendekat yang harus berhenti kiblat isyarat merah sebelum melewati suatu simpang terhadap jumlah arus pada fase yang sama pada pendekat tersebut, rasio kendaraan henti dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_Q}{Q \times c} \times 3600 \dots\dots\dots(3.20)$$

Keterangan

$N_Q$  adalah jumlah rata-rata antrian kendaraan (skr) pada awal isyarat hijau

$c$  adalah waktu siklus (detik)

$Q$  adalah arus lalu lintas dari pendekat yang ditinjau (skr/jam)

Jumlah rata-rata kendaraan henti ( $N_H$ ) adalah jumlah berhenti rata-rata perkendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu simpang, nilai dapat diperoleh dengan rumus

$$N_H = Q \times R_{KH} \dots\dots\dots(3.21)$$

16. Tundaan

Tundaan pada suatu simpang terjadi Karena dua hal, yaitu tundaan lalu lintas ( $T_L$ ) dan tundaan geometric ( $T_G$ ). Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat I dihitung menggunakan rumus

$$T_i = T_{Li} + T_{Gi} \dots\dots\dots(3.22)$$

- a. Tundaan lalu lintas rata-rata pada suatu pendekat I dapat ditentukan dari persamaan

$$T_L = c \times \frac{0,5 \times (1-R_H)^2}{(1-R_H \times D_f)} + \frac{N_{Q1} \times 3600}{c} \dots\dots\dots(3.23)$$

- b. Tundaan geometric rata-rata pada suatu pendekat I dapat diperkirakan dengan persamaan

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \dots\dots\dots(3.24)$$

Keterangan

$P_B$  adalah porsi kendaraan membelok pada suatu pendekat

Nilai normal  $T_{Gi}$  untuk kendaraan belok tidak berhenti adalah 6 detik, dan untuk yang berhenti adalah 4 detik. Nilai normal ini didasarkan pada anggapan-anggapan, bahwa:

- 1) Kecepatan = 40 km/jam;
- 2) Kecepatan belok tidak berhenti =10 km/jam;
- 3) Percepatan dan perlambatan = 1,5 m/det<sup>2</sup>;
- 4) Kendaraan berhenti melambat untuk meminimumkan tundaan, sehingga menimbulkan hanya tundaan percepatan.

$$H_H = \sum_i (M_{Semua} + K)_i \dots\dots\dots(3.25)$$

$$M_{Semua} = \left\{ \frac{(L_{KB} + l_{KB})}{V_{KB}} - \frac{L_{KD}}{V_{KD}} \right\}_{max} \dots\dots\dots(3.26)$$