

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Tipikal Simpang

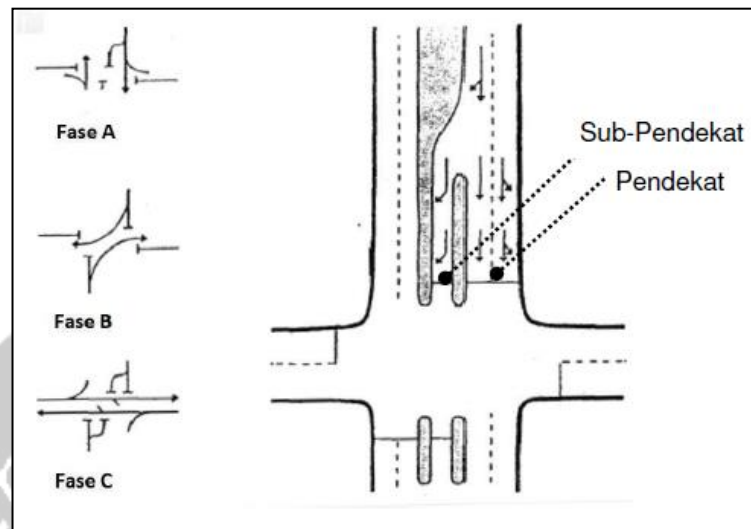
Menurut PKJI 2014, persimpangan, harus merupakan pertemuan dua atau lebih jalan yang sebidang. Pertemuan dapat berupa simpang-3 atau simpang-4 dan dapat merupakan pertemuan antara tipe jalan 2/2TT, tipe jalan 4/2T, tipe jalan 6/2T, tipe jalan 8/2T, atau kombinasi dari tipe-tipe jalan tersebut.

Tabel 3.1. Tipe Simpang

Kode Tipe Simpang	Jumlah Lengan Simpang	Jumlah Lajur Jalan Minor	Jumlah Lajur Jalan Mayor
322	3	2	2
324	3	2	4
422	4	2	2
424	4	2	4

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014)

Analisis kapasitas untuk setiap pendekat dilakukan secara terpisah. Satu lengan simpang dapat terdiri dari satu pendekat atau lebih (menjadi dua atau lebih sub-pendekat, termasuk pengaturan fasenya, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1). Hal ini terjadi jika gerakan belok kanan dan atau belok kiri mendapat isyarat hijau pada fase yang berlainan dengan lalu lintas yang lurus, atau jika dipisahkan secara fisik oleh pulau-pulau jalan. Untuk masing-masing pendekat atau sub-pendekat, lebar efektif (L_E) ditetapkan dengan mempertimbangkan lebar pendekat pada bagian masuk simpang dan pada bagian keluar simpang.



Gambar 3.1. Pendekat dan Sub-Pendekat
(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014)

3.2. Data Masukan Lalu Lintas

Data masukan lalu lintas diperlukan untuk dua hal, yaitu pertama data arus lalu lintas eksisting dan kedua data arus lalu lintas rencana. Data lalu lintas eksisting digunakan untuk melakukan evaluasi kinerja lalu lintas, berupa arus lalu lintas per jam eksisting pada jam-jam tertentu yang dievaluasi, misalnya arus lalu lintas pada jam sibuk pagi atau arus lalu lintas pada jam sibuk sore. Data arus lalu lintas rencana digunakan sebagai dasar untuk menetapkan lebar jalur lalu lintas atau jumlah lajur lalu lintas, berupa arus lalu lintas jam desain (Q_{JD}) yang ditetapkan dari LHRT, menggunakan faktor k (PKJI, 2014).

$$Q_{JD} = LHRT \times k \quad (3-1)$$

Keterangan:

LHRT = Volume lalu lintas harian rata-rata tahunan, dinyatakan dalam skr/hari.

K = Faktor jam rencana, ditetapkan dalam kajian fluktuasi arus lalu lintas jam-jaman selama satu tahun. Nilai k yang dapat digunakan untuk jalan perkotaan berkisar antara 7% sampai dengan 12%.

Dalam survei perhitungan lalu lintas, kendaraan diklasifikasikan menjadi beberapa kelas yaitu seperti Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Klasifikasi Jenis Kendaraan

Kode	Jenis Kendaraan	Tipikal Kendaraan
SM	Kendaraan bermotor roda 2 dan 3 dengan panjang tidak lebih dari 2,5m	Sepeda motor, Skuter, Kendaraan Roda Tiga
KR	Mobil penumpang dengan panjang tidak lebih dari atau sama dengan 5,5m	Sedan, Jeep, Station Wagon, Opelet, Minibus, Pickup, Truk Kecil
KS	Kendaraan sedang dengan panjang tidak lebih dari atau sama dengan 12,0m	Bus, Truk 2 sumbu
KB	Kendaraan berat dengan panjang lebih dari 12,0m	Truk 3 sumbu, Truk Kombinasi (Truk Gandengan dan Truk Tempelan)
KTb	Kendaraan Tak Bermotor	Sepeda, Becak, Dokar, Andong

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014)

Arus lalu lintas (Q) dinyatakan dalam skr per jam untuk satu atau lebih periode, misalnya pada periode jam puncak pagi, siang, atau sore. Q dikonversi dari satuan kendaraan per jam menjadi skr per jam dengan menggunakan nilai ekivalen kendaraan ringan (ekr) untuk masing-masing pendekat terlindung dan terlawan. Nilai ekr untuk tiap jenis kendaraan pada tipe pendekat terlindung dan terlawan dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Ekivalen Kendaraan Ringan

Jenis Kendaraan	ekr untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
KR	1,00	1,00
KB	1,30	1,30
SM	0,15	0,40

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014)

3.2.1. Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{UK})

Pengkategorian ukuran kota ditetapkan menjadi lima berdasarkan kriteria populasi penduduk, besaran nilai F_{UK} dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. 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)

3.2.2. Faktor penyesuaian hambatan samping (F_{HS})

Penentuan besarnya faktor penyesuaian hambatan samping (F_{HS}) ditentukan pada Tabel 3.5. berikut ini:

Tabel 3.5. Faktor 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	≥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/Sedan g/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: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014)

3.2.3. Faktor penyesuaian belok kanan (F_{BKa})

Faktor penyesuaian belok kanan (F_{BKa}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kanan (R_{BKa}). Faktor penyesuaian belok kanan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$R_{BKa} = \frac{q_{BKa}}{q_{TOT}} \quad (3-2)$$

$$F_{BKa} = 1,0 + R_{BKa} \times 0,26 \quad (3-3)$$

Keterangan:

R_{BKa} = Rasio arus belok kanan

q_{BKa} = Jumlah arus yang belok kanan

q_{TOT} = Jumlah arus total

3.2.4. Faktor penyesuaian belok kiri (F_{BKl})

Besarnya faktor penyesuaian belok kiri (F_{BKl}) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$R_{BKl} = \frac{q_{BKl}}{q_{TOT}} \quad (3-4)$$

$$F_{BKl} = 1,0 - R_{BKl} \times 0,16 \quad (3-5)$$

Keterangan:

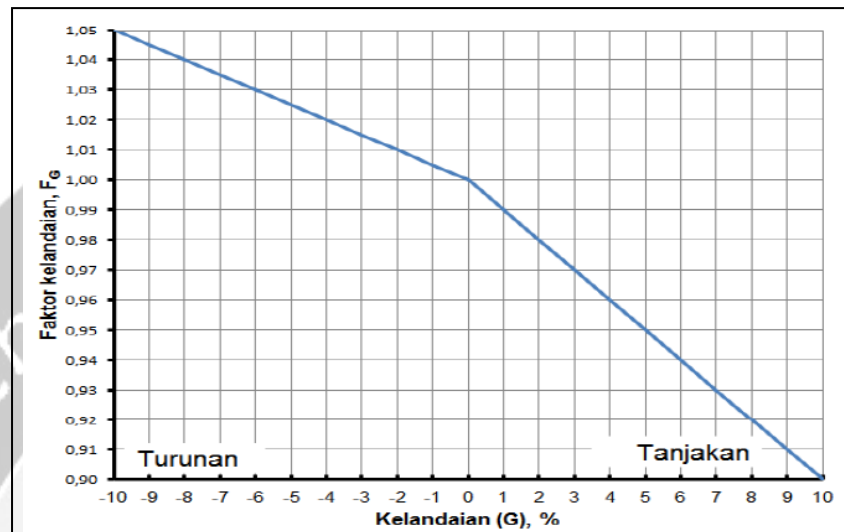
R_{BKl} = Rasio arus belok kiri

q_{BKl} = Jumlah arus yang belok kiri

q_{TOT} = Jumlah arus total

3.2.5. Faktor penyesuaian akibat kelandaian jalur pendekat (F_G)

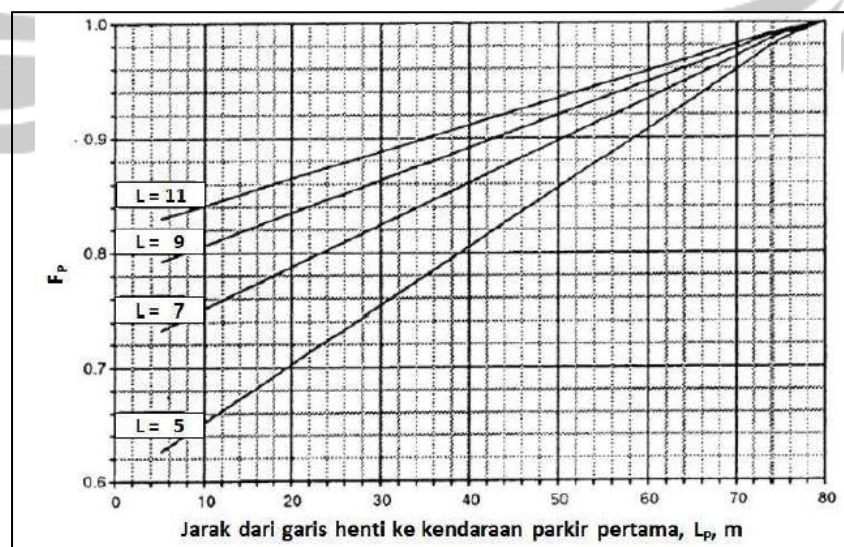
F_G dapat ditentukan pada Gambar 3.2. sebagai fungsi dari kelandaian (G).



Gambar 3.2. Faktor Penyesuaian Untuk Kelandaian (F_G)
(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014)

3.2.6. Faktor penyesuaian akibat gangguan kendaraan parkir pada jalur pendekat (F_P)

F_P ditentukan dari Gambar 3.3. sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai ke kendaraan yang parkir pertama pada lajur pendekat.

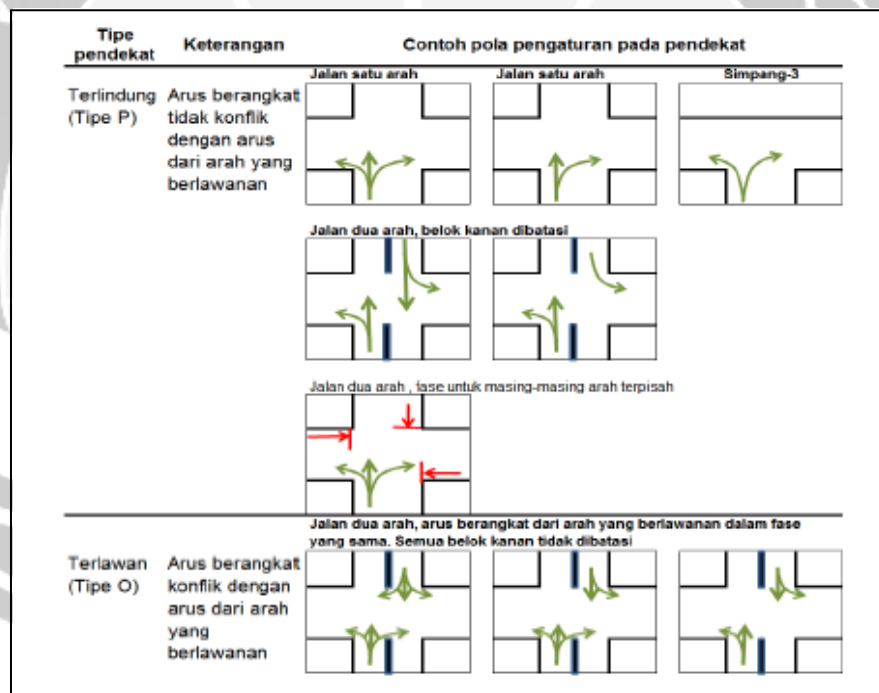


Gambar 3.3. Faktor Penyesuaian Untuk Pengaruh Parkir (F_P)
(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014)

3.3. Penentuan Waktu Isyarat

3.3.1. Tipe pendekat

PKJI 2014 menjelaskan, pada pendekat dengan arus lalu lintas yang berangkat pada fase yang berbeda, maka analisis kapasitas pada masing-masing fase pendekat tersebut harus dilakukan secara terpisah (misal, arus lurus dan belok kanan dengan lajur terpisah). Hal yang sama pada perbedaan tipe pendekat, pada satu pendekat yang memiliki tipe pendekat, baik terlindung (P) maupun terlawan (O) pada fase yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 3.4.

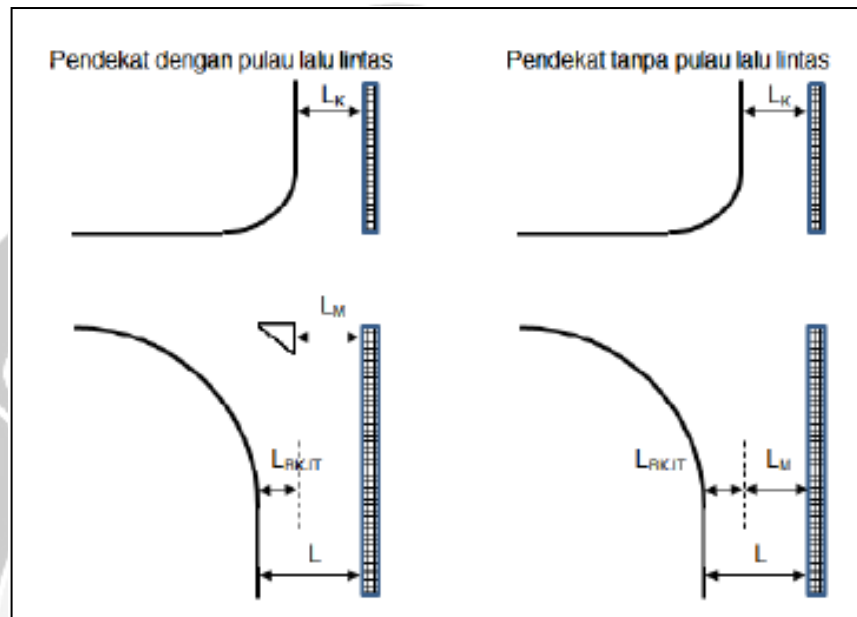


Gambar 3.4. Penentuan Tipe Pendekat
(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014)

3.3.2. Penentuan lebar pendekat efektif, L_E

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 $(L_M - L_{BKIJT})$. Pada Gambar 3.5. ditunjukkan pendekat yang dilengkapi pulau lalu lintas dan pendekat tanpa pulau lalu lintas.



Gambar 3.5. Lebar Pendekat Dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas
(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014)

Jika $L_{BKIJT} \geq 2m$, maka arus kendaraan B_{KIJT} dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan selama isyarat merah. L_E ditetapkan sebagai berikut:

Langkah 1: Keluarkan arus B_{KIJT} (q_{BKIJT}) dari perhitungan dan selanjutnya arus yang dihitung adalah $q = q_{LRS} + q_{BKIJT}$

$$L_E = \text{Min } L - L_{BKIJT}$$

$$L_E = \text{Min } L_M \quad (3-6)$$

Langkah 2: Periksa L_K (hanya untuk pendekat tipe P), jika $L_K < L_M \times (1 - R_{BKIJT})$, maka $L_E = L_K$, dan analisis penentuan waktu isyarat untuk pendekat ini didasarkan hanya bagian lalu lintas yang lurus saja yaitu q_{LRS} .

Jika $L_{BKijT} < 2m$, maka kendaraan B_{KijT} dianggap tidak dapat mendahului antrian kendaraan lainnya selama isyarat merah. L_E ditetapkan sebagai berikut:

Langkah 1: Sertakan q_{BKijT} pada perhitungan selanjutnya

$$L_E = \text{Min } L$$

$$L_E = \text{Min } L_M + L_{BKijT}$$

$$L_E = \text{Min } L \times (1 + R_{BKijT}) - L_{BKijT} \quad (3-7)$$

Langkah 2: Periksa L_K (hanya untuk pendekat tipe P), jika $L_K < L_M \times (1 - R_{BKijT} - R_{BKijT})$, maka $L_E = L_K$, dan analisis penentuan waktu isyarat untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk arus lalu lintas lurus saja.

3.4. Kapasitas Simpang

PKJI 2014 menjelaskan, kapasitas simpang dihitung untuk menentukan jumlah arus yang masuk dari seluruh lengan simpang. Persamaan untuk menghitung kapasitas simpang APILL (C) yaitu sebagai berikut:

$$C = S \times \frac{H}{c} \quad (3-8)$$

Keterangan:

C = Kapasitas simpang APILL, skr/jam

S = Arus jenuh, skr/jam

H = Total waktu hijau dalam satu siklus, detik

c = waktu siklus, detik

3.4.1. Arus jenuh dasar (S_0)

Menurut PKJI 2014, arus jenuh (S, skr/jam) merupakan hasil perkalian antara arus jenuh dasar (S_0) dengan faktor-faktor penyesuaian untuk

penyimpangan kondisi eksisting terhadap kondisi ideal. S_0 adalah S pada keadaan lalu lintas dan geometrik yang ideal, sehingga faktor-faktor penyesuaian untuk S_0 adalah satu. Persamaan S dirumuskan sebagai berikut:

$$S = S_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \quad (3-9)$$

Keterangan:

F_{UK} = Faktor penyesuaian S_0 terkait ukuran kota

F_{HS} = Faktor penyesuaian S_0 akibat hambatan samping lingkungan jalan

F_G = Faktor penyesuaian S_0 akibat kelandaian memanjang pendekat

F_P = Faktor penyesuaian S_0 akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama

F_{BK_a} = Faktor penyesuaian S_0 akibat arus lalu lintas yang membelok ke kanan

F_{BK_i} = Faktor penyesuaian S_0 akibat arus lalu lintas yang membelok ke kiri

Penetapan nilai S_0 untuk tipe pendekat terlindung, dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_0 = 600 \times L_E \quad (3-10)$$

Keterangan:

S_0 = Arus jenuh dasar, skr/jam

L_E = Lebar efektif pendekat, m

3.4.2. Rasio arus/arus jenuh, $R_{Q/S}$

Menurut PKJI 2014, dalam menganalisis $R_{Q/S}$ perlu diperhatikan:

- jika arus B_{KIJT} harus dipisahkan dari analisis, maka hanya arus lurus dan belok kanan saja yang dihitung sebagai nilai Q ,
- jika $L_E = L_K$, maka hanya arus lurus saja yang masuk dalam nilai Q ,

c) jika 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 menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R_{Q/S} = \frac{Q}{S} \quad (3-11)$$

Rasio arus simpang (R_{AS}) sebagai jumlah dari nilai-nilai $R_{Q/S}$ Kritis

$$R_{AS} = \sum_i (R_{Q/S \text{ kritis}})_i \quad (3-12)$$

Rasio fase (R_F) dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut

$$R_F = \frac{R_{Q/S \text{ kritis}}}{R_{AS}} \quad (3-13)$$

3.4.3. Waktu siklus dan waktu hijau

Waktu siklus (c) ditetapkan menggunakan persamaan:

$$C = \frac{(1,5 \times H_H + 5)}{1 - \sum R_{Q/S \text{ kritis}}} \quad (3-14)$$

Keterangan:

c = Waktu siklus, detik

H_H = Jumlah waktu hijau hilang per siklus, detik

$R_{Q/S}$ = Rasio arus, yaitu arus dibagi arus jenuh, Q/S

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

Waktu hijau (H) ditetapkan menggunakan persamaan:

$$H_i = (c - H_H) \times \frac{R_{Q/S \text{ kritis}}}{\sum_i (R_{Q/S \text{ kritis}})_i} \quad (3-15)$$

Keterangan:

H_i = Waktu hijau pada fase i, detik

i = Indeks untuk fase ke i

3.5. Derajat Kejenuhan

Penetapan derajat kejenuhan (D_J) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$D_J = \frac{Q}{C} \quad (3-16)$$

Keterangan:

D_J = Derajat kejenuhan

Q = Arus lalu lintas, skr/jam

C = Kapasitas, skr/jam

3.6. Panjang Antrian

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 sekarang (skr) yang datang dan terhenti dalam antrian selama fase merah (N_{Q2}), dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$N_Q = N_{Q1} + N_{Q2} \quad (3-17)$$

Jika $D_J > 0,5$; maka

$$N_{Q1} = 0,25 \times c \times \left((D_J - 1) + \sqrt{(D_J - 1)^2 + \frac{8 \times (D_J - 0,5)}{c}} \right) \quad (3-18)$$

Keterangan:

N_{Q1} = Jumlah kendaraan tersisa dari sisa fase sebelumnya

c = Waktu siklus

D_J = Derajat kejenuhan

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

$$N_{Q2} = c \times \frac{(1-R_H)}{1-R_H \times D_J} \times \frac{Q}{3600} \quad (3-19)$$

Keterangan:

N_{Q2} = Jumlah kendaraan yang datang kemudian antri pada fase merah

c = Waktu siklus

R_H = Rasio hijau

Q = Arus lalu lintas pada pendekat tersebut

Panjang antrian (PA) diperoleh dari perkalian N_Q (skr) dengan luas area rata-rata yang digunakan oleh satu kendaraan ringan (ekr) yaitu 20 m^2 , dibagi lebar masuk (m), dihitung dengan persamaan:

$$PA = N_Q \times \frac{20}{L_M} \quad (3-20)$$

3.7. Rasio Kendaraan Henti (R_{KH})

Menurut PKJI 2014, R_{KH} yaitu rasio kendaraan pendekat yang harus berhenti akibat isyarat merah sebelum melewati suatu simpang terhadap jumlah arus pada fase yang sama pada pendekat tersebut, R_{KH} dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_Q}{Q \times c} \times 3600 \quad (3-21)$$

Keterangan:

N_Q = Jumlah rata-rata antrian kendaraan (skr) pada awal isyarat lampu hijau

c = Waktu siklus

Q = Arus lalu lintas dari pendekat yang ditinjau, skr/jam

Jumlah rata-rata kendaraan berhenti, N_H adalah jumlah berhenti rata-rata per kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu simpang. N_H dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$N_H = Q \times R_{KH} \quad (3-22)$$

3.8. Tundaan

Tundaan pada suatu simpang terjadi karena dua hal, yaitu tundaan lalu lintas (T_L), dan tundaan geometrik (T_G). Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat i ditetapkan dengan persamaan berikut ini (PKJI 2014):

$$T_i = T_{Li} + T_{Gi} \quad (3-23)$$

Tundaan lalu lintas rata-rata pada suatu pendekat i dapat ditetapkan dengan persamaan:

$$T_L = c \times \frac{0,5 \times (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_J)} + \frac{N_{Q1} \times 3600}{c} \quad (3-24)$$

Keterangan:

T_L = Tundaan lalu lintas rata-rata

c = Waktu siklus

R_H = Rasio hijau

D_J = Derajat kejenuhan

N_{Q1} = Jumlah kendaraan tersisa dari sisa fase sebelumnya

Tundaan geometrik rata-rata pada suatu pendekat i dapat ditetapkan dengan persamaan:

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \quad (3-25)$$

Keterangan:

T_G = Tundaan geometrik rata-rata

P_B = Porsi kendaraan membelok pada suatu pendekat

