

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 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:

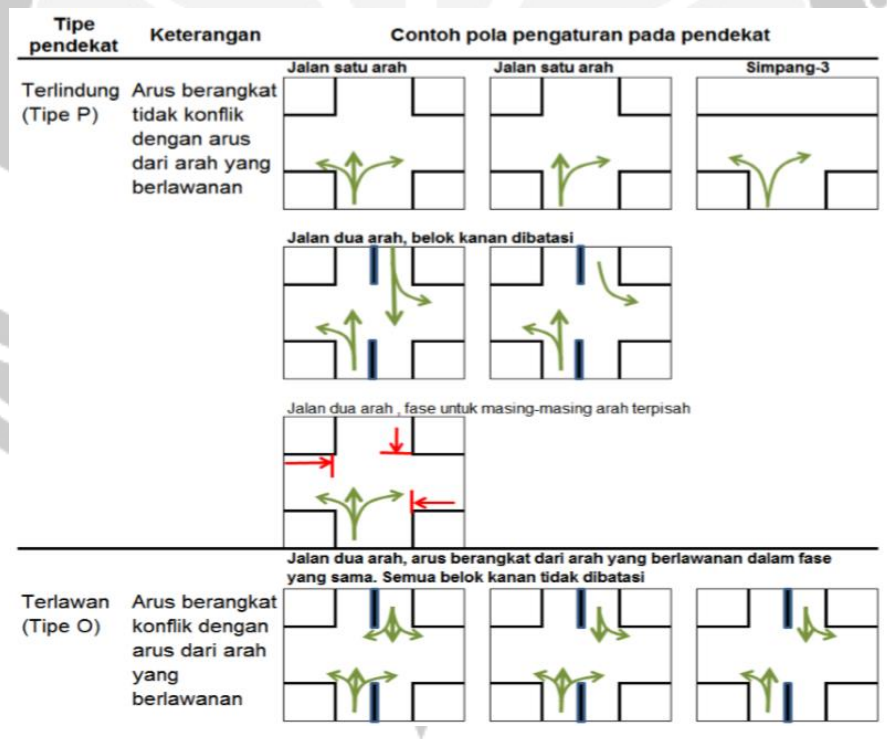
LHRT = volume lalu lintas harian rata-rata tahunan, dinyatakan dalam skr/hari

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

3.2 Menentukan Waktu APILL

3.2.1. Tipe Pendekat

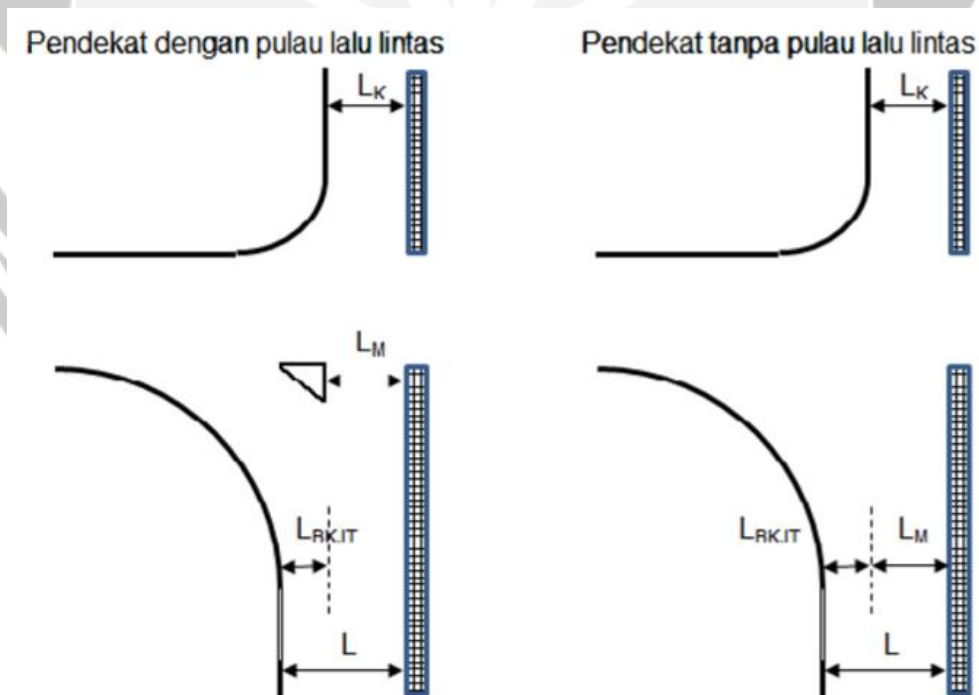
Pada pendekat dengan arus lalu lintas yang berangkat pada fase yang berbeda, maka analisis kapasitas pada masing-masing fase pendekat tersebut harus dilakukan secara terpisah (misal, arus lurus dan belok kanan dengan lajur terpisah). Hal yang sama pada perbedaan tipe pendekat, pada satu pendekat yang memiliki tipe pendekat, baik terlindung maupun terlawan (pada fase yang berbeda), maka proses analisisnya harus dipisahkan berdasarkan ketentuan-ketentuannya masing-masing. Gambar 3.1. di bawah ini memberikan ilustrasi dalam penentuan tipe pendekat, apakah terlindung (P) atau terlawan (O). (PKJI 2014)



Gambar 3.1. Penentuan Tipe Pendekat (PKJI 2014).

3.2.2. Penentuan lebar pendekat efektif (L_E)

Menurut PKJI 2014, 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 pendekat terlindung, jika $L_K < L_M \times (1 - R_{BKA} - R_{BKIJT})$, tetapkan $L_E = L_K$, dan analisis penentuan waktu isyarat untuk pendekat ini hanya didasarkan pada arus lurus saja. Jika pendekat dilengkapi pulau lalu lintas, maka L_M ditetapkan seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.2. sebelah kiri. Jika pendekat tidak dilengkapi pulau lalu lintas, maka L_M ditentukan seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.2. sebelah kanan. Maka $L_M = L - L_{BKIJT}$.



Gambar 3.2. Lebar Pendekat Dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas (PKJI 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 $q = q_{LRS} + q_{BKa}$

Tentukan lebar efektif sebagai berikut:

$$L_E = \text{Min} \left\{ \frac{L - L_{BKIJT}}{L_M} \right\} \quad (3-2)$$

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 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.

$$L_E = \text{Min} \left\{ \frac{L}{L_M + L_{BKIJT}}, \frac{L}{L \times (1 + R_{BKIJT}) - L_{BKIJT}} \right\} \quad (3-3)$$

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

3.2.3. Arus jenuh dasar (S_0)

Menurut PKJI 2014, arus jenuh (S , skr/jam) adalah 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. S dirumuskan oleh persamaan (3-4).

$$S = S_0 \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \quad (3-4)$$

Keterangan :

- F_{UK} = Faktor penyesuaian S_0 terkait ukuran kota.
- F_{HS} = Faktor penyesuaian S_0 akibat H_s 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.

Untuk pendekat terlindung (P), S_0 ditentukan oleh persamaan (3-5), sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat.

$$S_0 = 600 \times L_E \quad (3-5)$$

Keterangan :

- S_0 = Arus jenuh dasar (skr/jam)
- L_E = Lebar efektif pendekat (m)

3.2.4. Arus jenuh yang telah disesuaikan (S)

Berdasarkan PKJI 2014, nilai S ditentukan dengan menggunakan persamaan (3-4) di atas. Dalam perhitungannya, perlu diperhatikan jika suatu pendekat mempunyai isyarat hijau lebih dari satu fase, yang arus jenuhnya telah ditentukan

secara terpisah, maka nilai arus jenuh kombinasi harus dihitung secara proporsional terhadap waktu hijau masing-masing fase.

Contoh, jika suatu pendekat berisyarat hijau pada kedua fase 1 dan 2 dengan waktu hijau H_1 dan H_2 dan arus jenuh S_1 dan S_2 , nilai kombinasi S_{1+2} dihitung sebagai berikut :

$$S_{1+2} = \frac{S_1 \times H_1 + S_2 \times H_2}{H_1 + H_2} \quad (3-6)$$

Jika salah satu dari fase tersebut adalah fase pendek, misalnya "waktu hijau awal", dimana satu isyarat pada pendekat menyala hijau beberapa saat sebelum mulainya hijau pada arah yang berlawanan, disarankan untuk menggunakan hijau awal ini antara 1/4 sampai 1/3 dari total waktu hijau pada pendekat yang diberi waktu hijau awal. Perkiraan yang sama dapat digunakan untuk "waktu hijau akhir" dimana nyala hijau pada satu pendekat diperpanjang beberapa saat setelah berakhirnya nyala hijau pada arah yang berlawanan. Lama waktu hijau awal dan akhir minimal 10 det.

Contoh, waktu hijau awal sama dengan 1/3 dari total waktu hijau dari pendekat dengan waktu hijau awal :

$$S_{1+2} = \frac{1}{3} \times S_1 + \frac{2}{3} \times S_2 \quad (3-7)$$

3.2.5. Rasio arus/arus jenuh ($R_{Q/S}$)

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

1. Jika arus B_{KIJT} harus dipisahkan dari analisis, maka hanya arus lurus dan belok kanan saja yang dihitung sebagai nilai Q .

2. Jika $L_E = L_K$, maka hanya arus lurus saja yang masuk dalam nilai Q .
3. 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 pada sub bab 3.2.4..

$R_{Q/S}$ dihitung menggunakan persamaan (3-8) berikut ini :

$$R_{Q/S} = \frac{Q}{S} \quad (3-8)$$

3.2.6. Waktu siklus dan waktu hijau

Menurut PKJI 2014, waktu isyarat terdiri dari waktu siklus (c) dan waktu hijau (H). Tahap pertama adalah penentuan waktu siklus untuk sistem kendali waktu tetap yang dapat dilakukan menggunakan rumus Webster (1966). Rumus ini bertujuan meminimumkan tundaan total. Tahap selanjutnya adalah menetapkan waktu hijau (g) pada masing-masing fase (i). Nilai c ditetapkan menggunakan persamaan (3-9).

$$c = \frac{(1,5 \times H_H + 5)}{1 - \sum R_{Q/S \text{ kritis}}} \quad (3-9)$$

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
- $R_{Q/S \text{ kritis}}$ = Nilai $R_{Q/S}$ yang tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada fase yang sama,
- $\sum R_{Q/S \text{ kritis}}$ = rasio arus simpang (sama dengan jumlah semua $R_{Q/S \text{ kritis}}$ dari semua fase) pada siklus tersebut.

Catatan, c yang terlalu besar akan menyebabkan meningkatnya tundaan rata-rata. c yang besar terjadi jika nilai $\sum(R_{Q/S \text{ kritis}})$ mendekati satu, atau jika lebih dari satu, maka simpang tersebut melampaui jenuh dan rumus Webster akan menghasilkan nilai c tidak realistis karena sangat besar atau negatif.

H ditetapkan menggunakan persamaan (3-10).

$$H_i = (c - H_H) \times \frac{R_{Q/S \text{ kritis}}}{\sum i(R_{Q/S \text{ kritis}})_i} \quad (3-10)$$

Keterangan :

H_i = Waktu hijau pada fase i , detik

i = indeks untuk fase ke i

Catatan, Kinerja suatu Simpang APILL pada umumnya lebih peka terhadap kesalahan kesalahan dalam pembagian waktu hijau daripada terhadap terlalu panjangnya waktu siklus. Penyimpangan kecil dari rasio hijau (H_i/c) yang ditentukan dari rumus (3-10) di atas dapat berakibat bertambah tingginya tundaan rata-rata pada simpang tersebut.

3.3 Kapasitas Simpang APILL

Menurut PKJI (2014), kapasitas simpang bersinyal dapat dihitung dengan persamaan :

$$C = S \times H/c \quad (3-11)$$

Keterangan :

C = Kapasitas simpang bersinyal (skr/jam)

S = Arus jenuh (skr/jam)

H = Total waktu hijau dalam satu siklus, detik

c = Waktu siklus, detik

3.4 Derajat Kejenuhan

Menurut PKJI 2014, derajat kejenuhan (D_J) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3-12)

$$D_J = \frac{Q}{C} \quad (3-12)$$

3.5 Kinerja Lalu Lintas Simpang APILL

3.5.1. 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 (skr) yang datang dan terhenti dalam antrian selama fase merah (N_{Q2}), dihitung menggunakan persamaan (3-13).

$$N_Q = N_{Q1} + N_{Q2} \quad (3-13)$$

Jika $D_J > 0,5$; maka

$$N_{Q1} = 0,25 \times c \times \left\{ (D_J - 1)^2 + \sqrt{(D_J - 1)^2 + \frac{8 \times (D_J - 0,5)}{c}} \right\} \quad (3-14)$$

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

$$N_{Q2} = c \times \frac{(1 - R_H)}{(1 - R_H \times D_J)} \times \frac{Q}{3600} \quad (3-15)$$

Panjang antrian (PA) diperoleh dari perkalian N_Q (skr) dengan luas area rata-rata yang digunakan oleh satu kendaraan ringan (ekr) yaitu 20m², dibagi lebar masuk (m), sebagaimana persamaan (3-16).

$$PA = N_Q \times \frac{20}{L_M} \quad (3-16)$$

3.5.2. Rasio kendaraan henti

R_{KH} yaitu rasio kendaraan pada pendekat yang harus berhenti akibat isyarat merah sebelum melewati suatu simpang terhadap jumlah arus pada fase yang sama pada pendekat tersebut, dihitung menggunakan persamaan (3-17). (PKJI 2014)

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_Q}{Q \times c} \times 3600 \quad (3-17)$$

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 berhenti, N_H , adalah jumlah berhenti rata rata per kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu simpang, dihitung menggunakan persamaan (3-18).

$$N_H = Q \times R_{KH} \quad (3-18)$$

3.5.3. Tundaan

Tundaan pada suatu simpang terjadi karena dua hal, yaitu 1) tundaan lalu lintas (T_L), dan 2) tundaan geometrikk (T_G). Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat i dihitung menggunakan persamaan (3-19). (PKJI 2014)

$$T_i = T_{Li} + T_{Gi} \quad (3-19)$$

Tundaan lalu lintas rata-rata pada suatu pendekat i dapat ditentukan dari persamaan (3-20) (Akcelik 1988) :

$$T_L = c \times \frac{0,5 \times (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_J)} + \frac{N_{QI} \times 3600}{c} \quad (3-20)$$

Catatan : Hasil perhitungan tidak berlaku jika kapasitas simpang dipengaruhi oleh faktor-faktor "luar" seperti terhalangnya jalan keluar akibat kemacetan pada bagian hilir, atau pengaturan oleh polisi secara manual, atau yang lainnya.

Tundaan geometrik rata-rata pada suatu pendekat i dapat diperkirakan menggunakan persamaan (3-21).

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \quad (3-21)$$

Keterangan :

P_B = Porsi kendaraan membelok pada suatu pendekat.

Catatan: 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 = 40km/jam; 2) kecepatan belok tidak berhenti = 10km/jam; 3) percepatan dan perlambatan = 1,5m/det²; 4) kendaraan berhenti melambat untuk meminimumkan tundaan, sehingga menimbulkan hanya tundaan percepatan.