

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Prosedur Perhitungan Kapasitas

Menurut PKJI (2014) tentang Kapasitas Simpang bersinyal, prosedur perhitungan dan analisa suatu Simpang APILL dapat diurutkan seperti bagan alir pada Gambar 3.1 di bawah ini. Terdapat lima langkah utama yang meliputi:

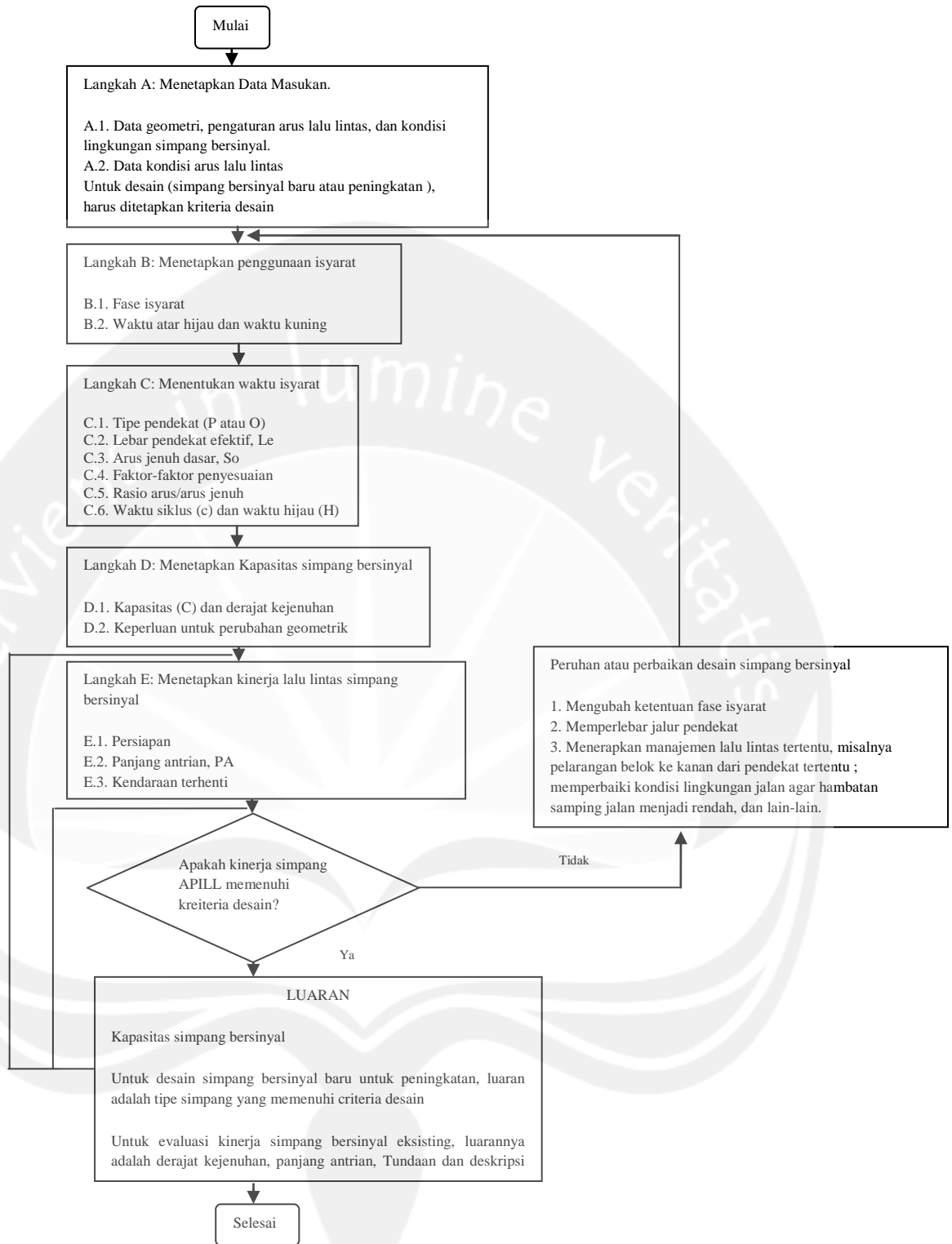
1. Langkah A: Data masukan,
2. Langkah B: penggunaan Isyarat,
3. Langkah C: penentuan waktu isyarat,
4. Langkah D: Kapasitas, dan
5. Langkah E: Kinerja lalu lintas.

Untuk desain, baik desain Simpang bersinyal baru maupun desain peningkatan Simpang bersinyal lama dan evaluasi kinerja lalu lintas Simpang bersinyal, prosedur tersebut secara umum sama. Perbedaannya adalah dalam penyediaan data masukan. Masing-masing langkah diuraikan secara rinci dan untuk memudahkan pelaksanaan perhitungan, disediakan Formulir kerja yang terdiri dari 5 yaitu:

1. Formulir-SIS I untuk penyiapan data geometrik, pengaturan lalu lintas, dan lingkungan;
2. Formulir-SIS II untuk penyiapan data arus lalu lintas;
3. Formulir SIS-III untuk menghitung A_H dan H_H ;
4. Formulir SIS-IV untuk menghitung waktu isyarat (c, H, M, K) dan C; dan

5. Formulir SIS-V untuk menghitung P_A , N_{KH} , dan tundaan T.





(Sumber: PKJI, 2014)

Gambar 3.1 Bagan alir perhitungan, perencanaan, dan evaluasi kapasitas simpang bersinyal

3.1.1 Langkah A: Menetapkan Data Masukan

1. Langkah A.1: Data geometric, pengaturan arus lalu lintas, dan kondisi lingkungan Simpang bersinyal.

Pada langkah ini Formulir SIS-I yang digunakan, dalam Formulir SIS-I memerlukan data Simpang dengan tanggal, bulan, tahun, nama kota, nama simpang (nama ruas jalan mayor - nama ruas jalan minor), ukuran kota, periode data lalu lintas. Kemudian sketsa fase simpang bersinyal, meliputi pergerakan lalu lintas dari pendekatan pada tiap-tiap fase, cantumkan H, Ah, c, dan HH Untuk pendekatan yang melayani BKiJT, beri keterangan pada pendekatan tersebut dengan menuliskan BKiJT serta arah arusnya. Buat sketsa geometrik simpang, posisi pendekatan, pulau jalan (jika ada), garis henti, marka (pembagi lajur, zebra cross, penunjuk arah), lebar pendekatan (m), pemberhentian kendaraan umum, akses sepanjang pendekatan (jika ada), panjang lajur yang terbatas (misal pada lajur khusus belok kanan atau belok kiri), dan arah Utara.

Dalam sketsa geometrik simpang, ukuran lebar lajur pada bagian pendekatan pada ruas yang diperkeras mulai dari lajur di hulu (L), pada lajur BKiJT (L_{BK_iJT}), pada garis henti (LM), dan pada tempat keluar tersempit setelah melewati area konflik (L_K), lebar median (jika ada) dan jenisnya (apakah ditinggikan atau direndahkan).

Setelah itu memasukan data-data kondisi lingkungan, hambatan samping, kelandaian pendekat, dan jarak ke kendaraan parkir pada tiap-tiap lengan pendekat, pada tabel isian di bawah sketsa geometrik simpang. Satu lengan simpang dapat memiliki lebih dari satu pendekat yang dibatasi oleh pemisah lajur, masing-masing dapat memiliki fase yang berbeda, pengkodeannya dilakukan dengan indeks (misal Utara 1 (U1), Utara 2 (U2), dst.). Hal-hal lain (jika ada yang mempengaruhi terhadap kapasitas agar dicatat.

Pada kriteria lingkungan, harus menentukan guna lahan masing-masing pendekat (KOM=komersial; KIM=permukiman; AT=Akses terbatas). Penentuan hambatan samping ditentukan dari terganggu atau tidaknya pergerakan arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang, apakah terganggu atau berkurang akibat adanya aktivitas samping jalan di sepanjang pendekat (misal aktivitas menaik-turunkan penumpang ataupun kegiatan menyetem angkutan umum, pejalan kaki, pedagang kaki lima di sepanjang atau melintas pendekat, dan kendaraan yang keluar-masuk samping pendekat). Hambatan samping dapat dikatakan rendah jika arus keberangkatan pendekat tidak terganggu oleh aktivitas-aktivitas tersebut.

2. Langkah A.2: Data kondisi arus lalu lintas.

Formulir kerja untuk langkah A-2 adalah Formulir SIS-II. Data arus lalu lintas meliputi:

- a. Arus lalu lintas per jenis kendaraan bermotor dan tak bermotor (q_{KR} , q_{KB} , q_{SM} , q_{KTB}) dengan distribusi gerakan LRS, BKa, dan BKi.
- b. Konversikan arus kedalam satuan skr/jam. Nilai ekr dapat di ambil pada tabel 3.1.
- c. Rasio arus kendaraan belok kiri (R_{BK_i}) dan rasio arus belok kanan (R_{BK_a}) untuk masing-masing pendekatan.

$$R_{BK_i} = \frac{Q_{BK_i}}{Q_{total}} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$R_{BK_a} = \frac{Q_{BK_a}}{Q_{total}} \dots\dots\dots(3.2)$$

- d. Rasio kendaraan tak bermotor (R_{KTB}) untuk masing-masing pendekatan.

$$R_{KTB} = \frac{Q_{KTB}}{Q_{KTB} + Q_{KBT}} \dots\dots\dots(3.3)$$

Tabel 3.1 Ekvivalen Kendaraan Ringan, (ekr)

Jenis Kendaraan	ekr untuk tipe pendekatan	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan ringan (KR)	1,00	1,00
Kendaraan berat (KB)	1,30	1,30
Sepeda motor (SM)	0,15	0,40

(Sumber: PKJI,2014)

3.1.2 Langkah B: Menetapkan Penggunaan Isyarat

1. Langkah B.1. Fase Sinyal

Sebagai acuan dalam penentuan pengaturan fase yang digunakan. Dalam analisis untuk kepentingan perencanaan, untuk menentukan pengaturan fase awal dimana dapat memberikan kapasitas yang paling besar (dua fase), dengan penyesuaian-penyesuaian pada langkah berikutnya sesuai dengan kriteria perencanaan yang telah ditetapkan. Untuk kepentingan evaluasi Simpang bersinyal eksisting, sangat memungkinkan terjadi variasi pengaturan fase eksisting yang kompleks untuk kepentingan manajemen lalu lintas simpang.

2. Langkah B.2. Waktu antar hijau dan waktu hilang.

Pada langkah ini waktu M_{semua} harus dihitung, A_H per fase, dan H_H . Formulir kerja untuk langkah ini adalah Formulir SIS-III. Untuk analisis operasional dan desain peningkatan, hitung A_H dan H_H dengan menggunakan persamaan (3.4) dan (3.5)

$$M_{semua} = Max \left\{ \begin{array}{l} \frac{L_{KBR} + P_{KBR}}{V_{KBR}} - \frac{L_{KDT}}{V_{KDT}} \\ \frac{L_{PK}}{V_{pk}} \end{array} \right. \dots\dots\dots(3.4)$$

$$H_H = \sum_i (M_{semua} + K)_i \dots\dots\dots(3.5)$$

Untuk keperluan praktis, nilai normal A_H dapat menggunakan nilai seperti ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Nilai Normal Waktu Antar Hijau

Ukuran Simpang	Lebar jalan rata-rata (m)	Nilai normal A_H (detik/fase)
Kecil	6 – 9	4
Sedang	10 – 14	5
Besar	≥ 15	≥ 6

(Sumber: PKJI 2014)

3.1.3 Langkah C: Menentukan Waktu APILL

Formulir yang digunakan untuk penentuan waktu APILL adalah formulir SIS-IV.

1. Langkah C.1. Tipe Pendekat.

- a. Pada langkah ini harus diidentifikasi dari setiap 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 3.2 di bawah memberikan ilustrasi dalam penentuan tipe pendekat, apakah terlindung (P) atau (O).

- b. Nomor dipilih sebagai identitas fase untuk masing-masing fase, sesuai urutan fase yang akan digunakan dalam analisis.
- c. Sketsa diperlukan untuk menunjukkan arah arus masing-masing.
- d. Di dalam sketsa harus berisi, besarnya q_{LRS} , $q_{BK\alpha}$, dan q_{BK_i} dalam satuan skr/jam untuk masing-masing pendekat (distribusi arus lalu lintas tiap lengan pendekat).
- e. Sketsa pergerakan arus masing-masing fase harus dibuat.
- f. Kode pendekat berdasarkan mata angin yang konsisten dengan yang dicantumkan pada Formulir SIS-I. Untuk pendekat yang memiliki pergerakan arus lalu lintas lebih dari satu, tuliskan kode sub-pendekatnya.
- g. Tiap-tiap kode pendekat dan sub-pendekat hijau dalam fase ke berapa sesuai dengan ketentuan yang telah dibuat sebelumnya.
- h. Tipe arus pada setiap pendekat harus ditentukan, terlindung (P) atau terlawan (O). Gunakan Gambar 3.2. sebagai referensi.
- i. Nilai rasio kendaraan berbelok ($R_{BK_i}/R_{BK_{iJT}}$ dan $R_{BK\alpha}$) untuk setiap pendekat berdasarkan perhitungan dimasukkan dalam Formulir SIS-II.
- j. Untuk pendekat yang bertipe O, masukkan besar $q_{BK\alpha}$ dari pendekat yang di tinjau dan $q_{BK\alpha}$ dari pendekat arah yang berlawanan (skr/jam).

Tipe pendekat	Keterangan	Contoh pola pengaturan pada pendekat		
Terlindung (Tipe P)	Arus berangkat tidak konflik dengan arus dari arah yang berlawanan	Jalan satu arah	Jalan satu arah	Simpang-3
		Jalan dua arah, belok kanan dibatasi		
		Jalan dua arah, fase untuk masing-masing arah terpisah		
Terlawan (Tipe O)	Arus berangkat konflik dengan arus dari arah yang berlawanan	Jalan dua arah, arus berangkat dari arah yang berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak dibatasi		

(Sumber: PKJI 2014)

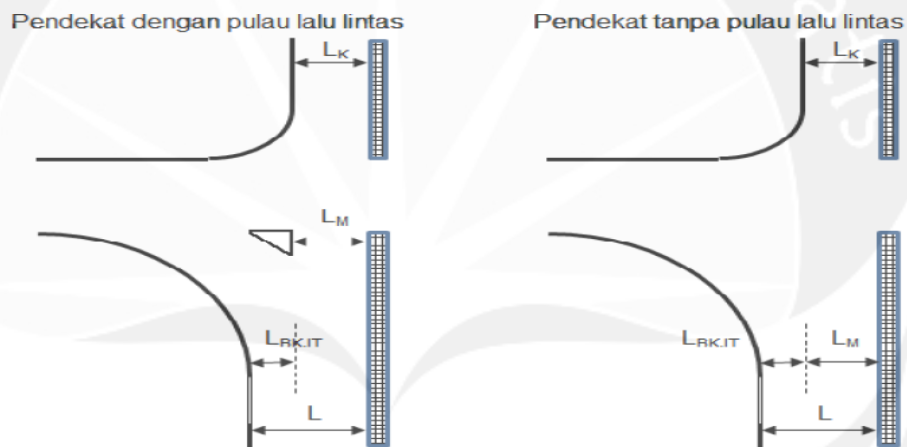
Gambar 3.2 Penentuan Tipe Pendekat

2. Langkah C.2. Lebar pendek efektif

Penentuan lebar pendekat efektif (L_E) berdasarkan lebar ruas pendekat (L), lebar masuk (L_M), dan lebar keluar (L_K). Jika L_{K1} dan L_{K2} diizinkan tanpa

mengganggu arus lurus dan arus belok kanan saat isyarat merah, maka L_E di pilih dari nilai terkecil di antara L_K dan $(L_M - L_{BKijT})$.

Untuk menentukan L_M , pada pelindung terdekat 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 ditentukan seperti ditunjukkan dalam gambar 3.3. sebelah kanan. Maka $L_M = L - L_{BKijT}$.



(Sumber: PKJI 2014)

Gambar 3.3. Lebar Pendekat Dengan dan Tanpa Pulau Lalu-Lintas

- a. 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:

1. Langkah 1: Mengeluarkan arus B_{KijT} (q_{BKijT}) dari perhitungan

dan selanjutnya arus dihitung adalah $q = q_{LRS} + q_{Bka}$.

Untuk menentukan lebar efektif sebagai berikut:

$$L_E = \text{Min} \begin{cases} L - W_{BKijT} \\ L_m \end{cases} \dots\dots\dots(3.6)$$

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

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

1. Langkah 1: q_{BKijT} pada perhitungan selanjutnya harus disertakan.

$$L_E = \text{Min} \begin{cases} L \\ L_M + L_{BKijT} \\ L \times (1 + R_{BKijT}) - L_{BKijT} \end{cases} \dots\dots\dots(3.7)$$

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

Nilai L_E yang telah ditetapkan dimasukkan ke dalam Formulir SIS-IV sesuai dengan arah pendekat dan fase pergerakannya.

3. Langkah C.3. Arus jenuh dasar.

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 (persamaan 3.8). S_0 adalah S pada keadaan lalu lintas dan geometrik yang ideal, sehingga faktor-faktor penyesuaian untuk S_0 adalah satu. S di rumuskan oleh persamaan di bawah ini.

$$S = S_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BKl} \times F_{BKk} \dots \dots \dots (3.8)$$

Keterangan:

F_{UK} = Faktor penyesuaian S_0 terkait ukuran kota.

F_{HS} = Faktor penyesuaian S_0 akibat hambatan samping lingkaran 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_{BKk} = Faktor penyesuaian S_0 akibat arus lalu lintas yang membelok kanan.

F_{BKl} = Faktor penyesuaian S_0 akibat arus lalu lintas yang membelok kiri.

a. Untuk pendekat tipe P (arus terlindung):

$$S_0 = 600 \times L_E \dots \dots \dots (3.9)$$

Keterangan:

S_0 = arus jenuh dasar, skr/jam

L_E = lebar efektif pendekat, m

b. Untuk pendekat tipe O (arus berangkat terlawan):

1. Tidak di lengkapi lajur belok kanan terpisah, maka S_O di tentukan menggunakan Gambar 3.4. sebagai fungsi dari L_E , Q_{BKa} , dan $Q_{BKa.O}$.

a. Jika $Q_{BKa} > 250$ skr/jam:

$Q_{BKa} < 250$: 1. Tentukan $S_{BKa.O}$ pada $Q_{BKa.O} = 250$

2. Tentukan S sesungguhnya sebagai

$$S = S_{BKa.O} - \{(Q_{BKa.O} - 250) \times 8\} \text{ skr/jam}$$

$Q_{BKa} > 250$: 1. Tentukan $S_{BKa.O}$ pada $Q_{BKa.O}$ dan $Q_{BKa} = 250$

2. Tentukan S sesungguhnya sebagai

$$S = S_{BKa.O} - \{(Q_{BKa.O} + Q_{BKa} - 500) \times 2\}$$

skr/jam

b. Jika $Q_{RTO} < 250$ dan $Q_{RT} > 250$ skr/jam: Tentukan S seperti pada $Q_{RT} = 250$

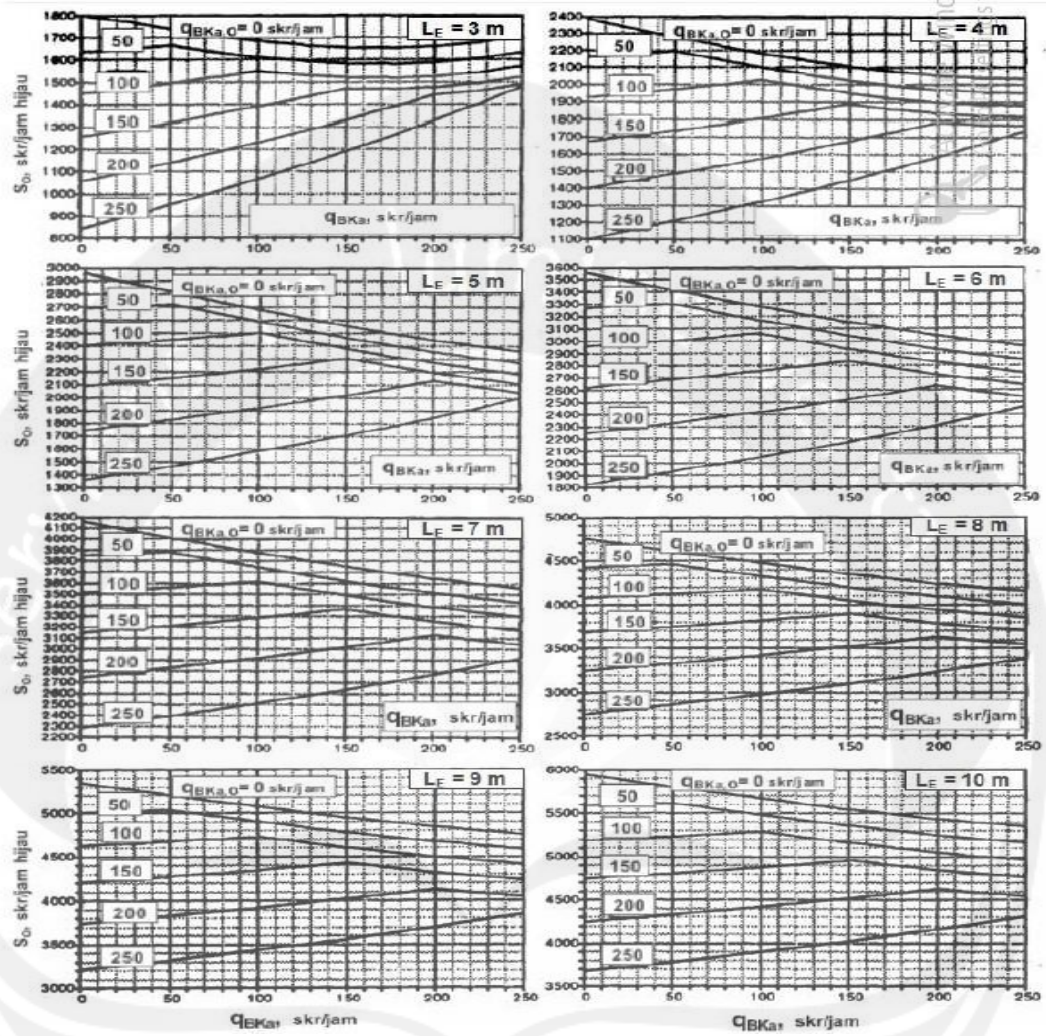
2. Lajur belok kanan terpisah

a. Jika $Q_{BKa.O} > 250$ skr/jam

$Q_{BKa} < 250$: Tentukan S dari Gambar 3.5 dengan ekstrapolasi.

$Q_{BKa} > 250$: Tentukan $S_{BKa.O}$ pada $Q_{BKa.O}$ dan $Q_{BKa} = 250$

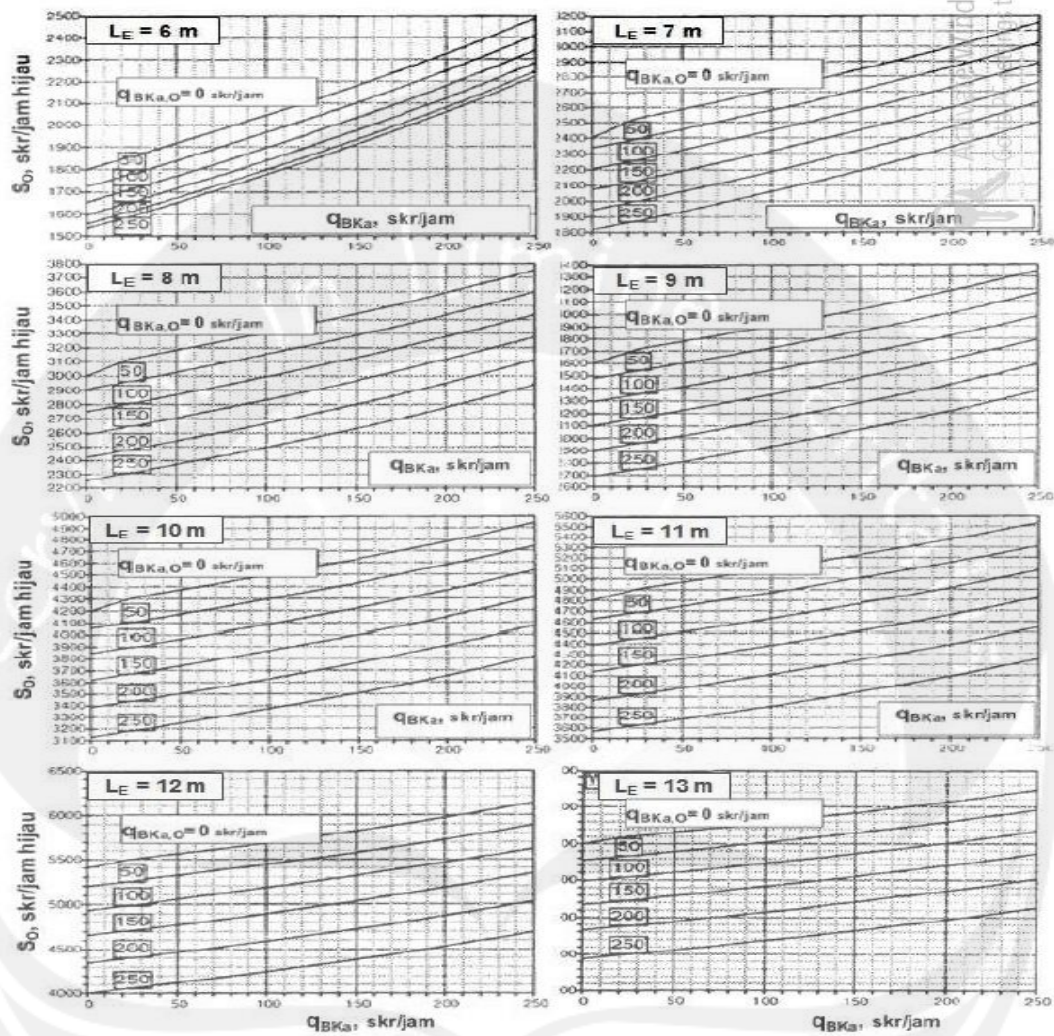
b. Jika $Q_{BKa.O} < 250$ dan $Q_{BKa} > 250$ skr/jam: Tentukan S dari Gambar 3.5. dengan ekstrapolasi.



(Sumber: PKJI 2014)

Gambar 3.4. Nilai S untuk Pendekat-pendekat Tipe O Tanpa Lajur Belok

Kanan Terpisah



(Sumber: PKJI 2014)

Gambar 3.5. Nilai S untuk Pendekat-Pendekat Tipe 0

Dengan Lajur Belok Kanan Terpisah

4. Langkah C.4. Faktor penyesuaian.

Faktor penyesuaian untuk S_0 meliputi enam faktor yaitu: a. Faktor penyesuaian untuk ukuran kota (F_{UK}), b. Faktor penyesuaian akibat hambatan samping (F_{HS}), c. Faktor penyesuaian akibat kelandaian jalur pendekat (F_G), d. Faktor penyesuaian akibat gangguan kendaraan parkir pada jalur pendekat (F_p), e. Faktor penyesuaian akibat lalu lintas belok kanan khusus untuk pendekat tipe P (F_{BKk}), dan f. Faktor penyesuaian akibat arus lalu lintas belok kiri (F_{BKk}).

a. Faktor penyesuaian untuk ukuran kota, F_{UK}

Pengkategorian ukuran kota ditetapkan menjadi lima berdasarkan kriteria populasi penduduk. Besaran nilai F_{UK} ditetapkan pada Tabel 3.3.

Tabel 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
1,0 – 0,5	0,83
<0,1	0,82

b. Faktor penyesuaian akibat hambatan samping, F_{HS}

F_{HS} dapat ditentukan dari tabel 3.4, sebagai fungsi dari jenis lingkungan jalan, hambatan samping, dan rasio kendaraan tak bermotor. Jika

hambatan samping tidak diketahui, maka anggap hambatan samping tinggi agar tidak menilai kapasitas terlalu besar.

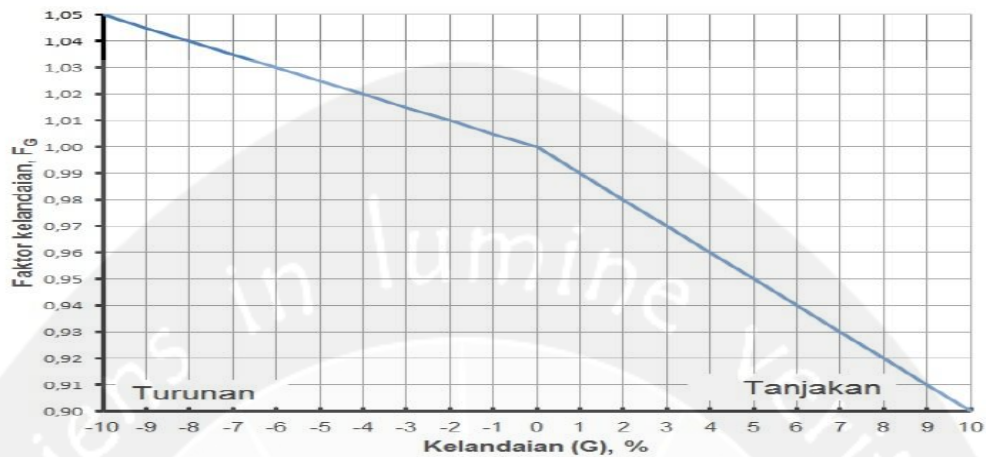
Tabel 3.4 Faktor Penyesuaian Untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{HS})

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 (AT)	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: PKJI 2014)

c. Faktor penyesuaian akibat kelandaian jalur pendekat, F_G

F_G dapat ditentukan dari Gambar 3.5. sebagai fungsi dari kelandaian (G).



(Sumber: PKJI 2014)

Gambar 3.6. Faktor penyesuaian untuk Kelandaian (F_G)

d. Faktor penyesuaian akibat gangguan kendaraan parkir pada jalur pendekat, F_p . F_p ditentukan dari gambar 3.7, sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai ke kendaraan yang diparkir pertama pada lajur pendekat. Faktor ini berlaku juga untuk kasus-kasus dengan panjang lajur belok kiri terbatas. Faktor ini tidak perlu diaplikasikan jika lebar efektif ditentukan oleh lebar keluar.

F_p dapat juga dihitung dari rumus berikut, yang mencakup pengaruh panjang waktu hijau:

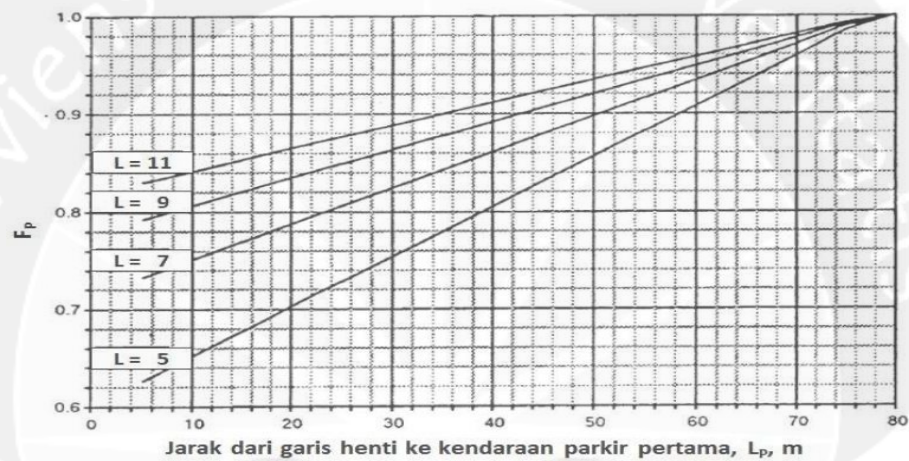
$$F_p = \frac{\left[\frac{L_p}{3} - \frac{(L-2) \times \left(\frac{L_p}{3} - g \right)}{L} \right]}{H} \dots \dots \dots (3.10)$$

Keterangan:

F_p : Jarak antara garis henti ke kendaraan yang parkir pertama pada jalur belok kiri atau panjang dari lajur belok kiri yang pendek, m.

L : Lebr pendekat, m.

G : Waktu hijau pada pendekat yang ditinjau (nilai normalnya 26 detik)



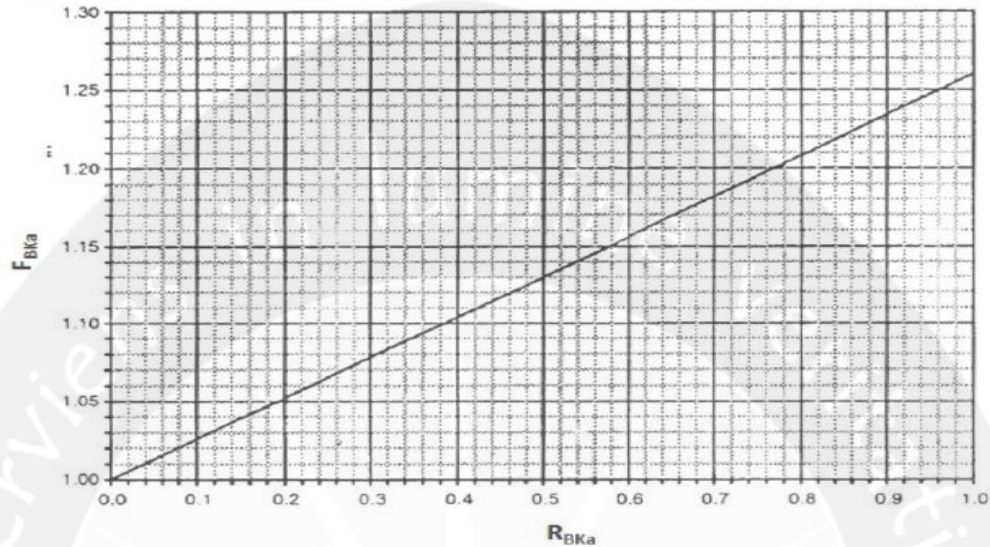
(Sumber: PKJI 2014)

Gambar 3.7 Faktor penyesuaian untuk pengaruh parkir (F_p)

- e. Faktor penyesuaian akibat lalu lintas belok kanan khusus untuk pendekat tipe P, $F_{BK\alpha}$. $F_{BK\alpha}$ dapat ditentukan menggunakan persamaan 3.11, sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan $R_{BK\alpha}$. Perhitungan ini hanya berlaku untuk pendekat tipe P, tanpa median, tipe jalan dua arah; dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

$$F_{BK\alpha} = 1,0 + R_{BK\alpha} \times 0,26 \dots \dots \dots (3.11)$$

Atau dapat diperoleh nilainya dari gambar 3.8



(Sumber: PKJI 2014)

Gambar 3.8 Faktor penyesuaian untuk belok kanan (F_{BKa}), pada pendekatan Tipe P dengan jalan dua arah, dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

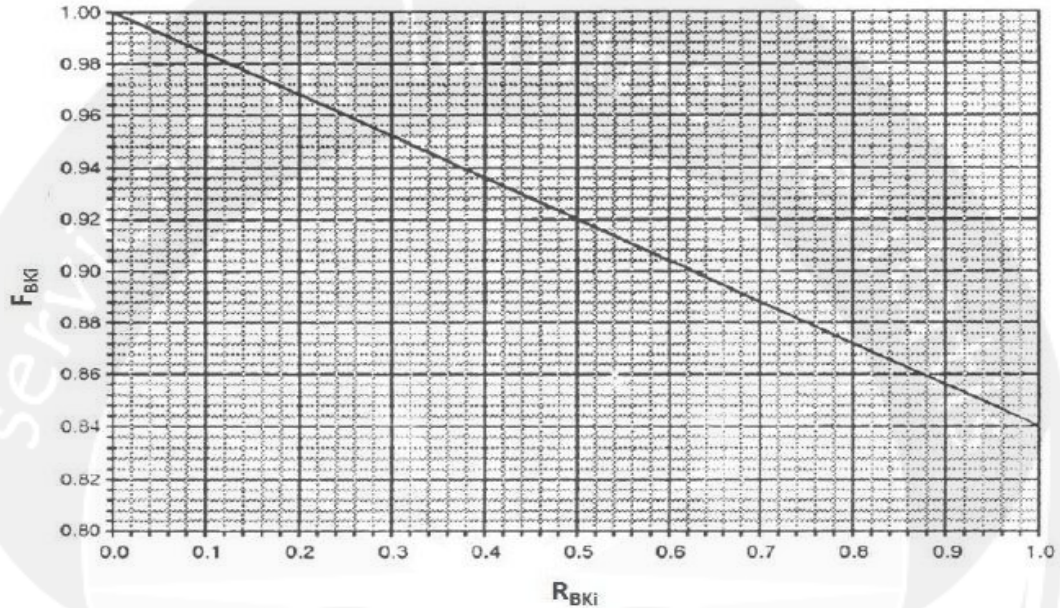
Catatan: Pada jalur dua arah tanpa median, kendaraan belok kanan dari arus berangkat terlindung pada pendekatan tipe P, cenderung memotong garis tengah jalan sebelum melewati garis henti ketika menyelesaikan belokannya. Hal ini menyebabkan peningkatan rasio belok kanan yang tinggi pada arus jenuh.

f. Faktor penyesuaian akibat arus lalu lintas belok kiri

Faktor penyesuaian belok kiri (F_{BKl}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri F_{BKl} . Perhitungan ini berlaku untuk pendekatan tipe P tanpa B_{KlT} , lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk dan dapat dihitung

menggunakan persamaan 3.12 atau dapatkan nilainya dari gambar 3.9 dibawah ini.

$$F_{BKi} = 1,0 + R_{BKi} \times 0,16 \dots \dots \dots (3.12)$$



(Sumber: PKJI 2014)

Gambar 3.9. Faktor penyesuaian untuk pengaruh belok kiri (F_{BKi}) untuk pendekat Tipe P, tanpa B_{KiJT} , dan L_E ditentukan oleh L_M .

Catatan: Pada pendekat terlindung yang tidak diizinkan B_{KiJT} , kendaraan-kendaraan belok kiri cenderung melambat dan mengurangi arus jenis pada pendekat tersebut. Karena raus berangkat dalam pendekat-pendekat terlawan (Tipe O) pada umumnya lebih lambat, maka tidak diperlukan penyesuaian untuk pengaruh rasio belok kiri.

- g. Nilai arus jenuh yang disesuaikan

Setelah mendapatkan nilai S_0 dan menetapkan besaran faktor-faktor penyesuaian, Nilai S didapat dengan menggunakan Persamaan 3.8 di atas.

5. Langkah C.5. Rasio arus per arus jenuh, ($R_{Q/S}$)

Arus lalu lintas masing-masing pendekatan ditetapkan (Q). dalam menganalisis $R_{Q/S}$ perlu di perhatikan bahwa:

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

$R_{Q/S}$ dihitung menggunakan Persamaan 3.13 berikut ini:

$$R_{Q/S} = \frac{Q}{S} \dots \dots \dots (3.13)$$

Rasio arus tertinggi harus ditandai dengan tanda kritis ($R_{Q/S}$ kritis) dari masing-masing fase, kemudian hitung rasio arus simpang (R_{AS}) sebagai jumlah dari nilai-nilai $R_{Q/S}$ kritis.

$$R_{AS} = \sum_i (R_{\frac{Q}{S} \text{ kritis}}) \dots \dots \dots (3.14)$$

Rasio fase (R_F) masing-masing fase sebagai fase antara $R_{Q/S}$ kritis dan R_{AS} .

Dapat dihitung dengan Persamaan dibawah ini.

$$R_F = \frac{R_{\frac{Q}{S} \text{ kritis}}}{R_{AS}} \dots \dots \dots (3.15)$$

6. Langkah C.6. Waktu Siklus dan waktu hijau, c_{bs} .

Waktu siklus sebelum penyesuaian harus dihitung (c_{bs}) menggunakan persamaan 3.16 atau gambar 3.10

$$c = \frac{(1,5 \times H_H + 5)}{1 - \sum R_{\frac{Q}{S} \text{ kritis}}} \dots \dots \dots (3.16)$$

Keterangan:

c = Waktu siklus, detik

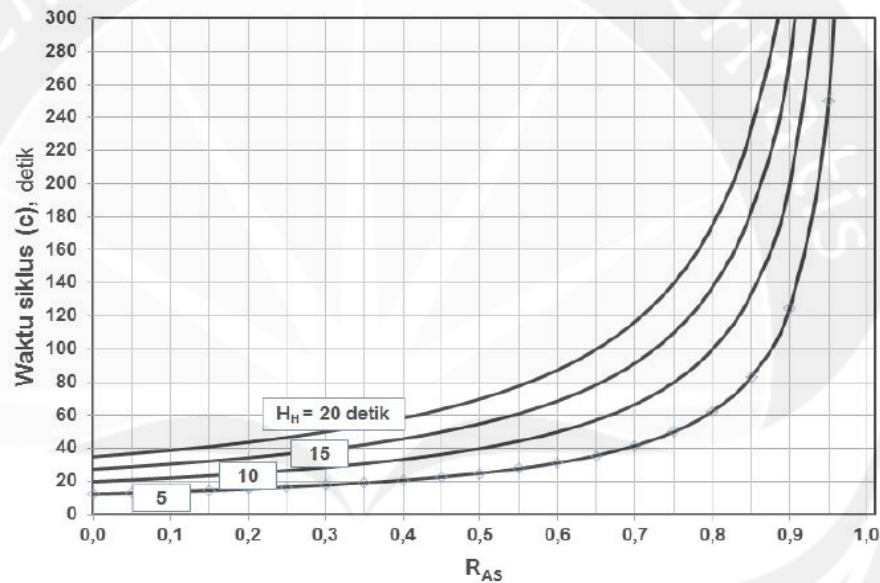
H_H = Jumlah waktu hijau hilang per siklus, detik

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

$R_{Q/S \text{ kritis}}$ = Nilai $R_{Q/S}$ yang tertinggi dari semua pendekatan 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.



(Sumber: PKJI 2014)

Gambar 3.10 Penetapan siklus sebelum penyesuaian, c_{bs}

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 di atas akan menghasilkan nilai c tidak realistis karena sangat besar atau negatif.

Nilai H ditetapkan menggunakan persamaan 3.17 di bawah ini.

$$H_i = (c - H_H) \times \frac{R_{Q/S \text{ kritis}}}{\sum_i (R_{Q/S \text{ kritis}})_i} \dots \dots \dots (3.17)$$

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 dari pada terhadap terlalu panjangnya waktu siklus. Penyimpangan kecil dari rasio hijau (H_i/c) yang ditentukan dari rumus 3.13 di atas dapat berakibat bertambah tingginya tundaan rata-rata pada simpang tersebut.

Jika alternatif rencana fase isyarat di evaluasi, maka yang menghasilkan nilai terendah dari $(R_{AS} + H_H/c)$ adalah yang paling efisien. Tabel 3.5 memberikan waktu siklus yang disarankan untuk keadaan yang berbeda.

Tabel 3.5 Waktu siklus yang layak

Tipe Pengaturan	Waktu siklus yang layak (detik)
Pengaturan dua-fase	40 – 80
Pengaturan tiga-fase	50 – 100
Pengaturan empat-fase	80 - 130

(Sumber: PKJI 2014)

Nilai-nilai yang rendah dalam tabel 3.5 dipakai untuk simpang dengan lebar jalur pendekat <10m dan nilai yang tinggi dipakai untuk pendekat yang lebih lebar. Waktu siklus yang lebih rendah dari nilai diatas, cenderung menyebabkan kesulitan bagi para pejalan kaki untuk menyebrang jalan. Waktu siklus yang melebihi 130 detik harus dihindari, kecuali pada kasus

yang sangat khusus (simpang sangat besar), karena hal ini sering menyebabkan menurunnya kapasitas keseluruhan simpang.

Jika perhitungan menghasilkan waktu siklus yang jauh lebih tinggi dari batas yang disarankan, maka hal ini menandakan bahwa kapasitas dari geometrik simpang tersebut tidak mencukupi. Persoalan ini dapat diselesaikan dengan melakukan perubahan, baik geometrik maupun pengaturan fasenya (lihat langka E).

Langkah berikutnya yaitu menghitung H tiap-tiap fase dengan menggunakan persamaan 3.17. Nilai c dan H dimasukkan kedalam Formulir SIS-IV sebagai parameter-parameter dasar penentuan nilai kapasitas (C) bersama dengan nilai S.

3.1.4 Langkah D: Kapasitas

Langkah D meliputi penentuan kapasitas masing-masing pendekat dan pembahasan mengenai perubahan-perubahan yang harus dilakukan jika kapasitas tidak mencukupi. Formulir SIS-IV.

1. Langkah D.1 Kapasitas dan derajat kejenuhan.

Kapasitas masing-masing pendekat (C) dapat dihitung menggunakan persamaan 3.18.

$$C = S \times \frac{H}{c} \dots \dots \dots (3.18)$$

Keterangan:

- C = Kapasitas simpang APILL, skr/jam
- S = Arus jenuh, skr/jam
- H = Total waktu hijau dalam satu siklus, detik

c = Waktu siklus, detik

Sedangkan derajat kejenuhan (D_j) masing-masing pendekat dihitung menggunakan persamaan 3.19.

$$D_j = \frac{q}{c} \dots \dots \dots (3.19)$$

2. Langkah D.2 Keperluan perubahan geometrik

Pada siklus yang dihitung pada langkah C.6 jika lebih besar dari batas di atas yang di sarankan, D_j umumnya $> 0,85$. Ini berarti bahwa arus lalu lintas pada simpang tersebut mendekati arus jenuhnya dan akan menyebabkan antrian panjang pada kondisi lalu lintas puncak. Kondisi ini memerlukan penambahan kapasitas simpang melalui salah satu perubahan simpang. Ada tiga perubahan simpang yang dapat di pertimbangkan berikut ini.

a. Penambahan lebar pendekat.

Pengaruh terbaik dari tindakan ini akan diperoleh jika pelebaran dilakukan pada pendekat-pendekat dengan nilai rasio fase yang kritis ($R_{F \text{ kritis}}$).

b. Perubahan fase isyarat.

Arus berangkat terlawan (tipe O) dan rasio belok kanan (R_{BKa}) tinggi dengan menunjukkan nilai $R_{F \text{ kritis}}$ yang tinggi ($R_F > 0,8$), maka dapat dibuat suatu fase tambahan terpisah untuk lalu lintas belok kanan. Penerapan fase terpisah untuk lalu lintas belok kanan ini dapat juga dilakukan dengan pelebaran jalur pendekat.

3.1.5 Langkah E: Tingkat Kinerja Lalu Lintas

Langkah E meliputi penentuan perilaku lalu lintas pada simpang bersinyal berupa panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti dan tundaan.

1. Langkah E.1 Persiapan

Untuk langkah persiapan penentuan tingkat kinerja lalu lintas, hal-hal berikut ini harus di perhatikan.

- a. Kode pendekat;
- b. Q untuk masing-masing pendekat (skr/jam)
- c. C untuk masing-masing pendekat (skr/jam)
- d. D_j untuk masing-masing pendekat
- e. R_H untuk masing-masing pendekat
- f. Q untuk seluruh gerakan B_{KijT} yang diperoleh dari jumlah seluruh gerakan B_{KijT} (skr/jam)
- g. Beda antara arus masuk dan keluar pendekat (Q_{adj}) yang lebar keluarannya menentukan lebar efektif.

2. Langkah E.2 Panjang antrian, PA

Panjang antrian (PA) diperoleh dari perkalian NQ (skr) dengan luas area rata-rata yang digunakan oleh satu kendaraan ringan (skr) yaitu $20 m^2$, dibagi lebar masuk (m), sebagaimana persamaan 3.20.

$$PA = N_Q \times \frac{20}{L_M} \dots \dots \dots (3.20)$$

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 3.21.

Peluang untuk terjadinya pembebanan sebesar P_{OL} (%), maka tetapkan nilai N_{QMAX} menggunakan gambar 3.11. Untuk desain dan perencanaan disarankan $P_{OL} \leq 5\%$. Untuk analisis operasional, nilai $P_{OL} = 5\%$ s.d. 10% masih dapat diterima.

$$N_Q = N_{Q1} + N_{Q2} \dots \dots \dots (3.21)$$

a. Kendaraan terhenti (skr) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya, N_{Q1}

c. Untuk $D_J > 0,5$; maka

$$N_{Q1} = 0,25 \times C \times \left[(D_J - 1)^2 + \sqrt{D_J - 1}^2 + \frac{8 \times (D_J - 0,5)}{C} \right] \dots \dots \dots (3.22)$$

d. Untuk $DS < 0,5$; maka

$$N_{Q1} = 0 \dots \dots \dots (3.23)$$

b. Kendaraan (skr) yang datang dan terhenti dalam antrian selama fase merah, N_{Q2}

$$N_{Q2} = c \times \frac{1-R_H}{1-R_H \times D_J} \times \frac{Q}{3600} \dots \dots \dots (3.24)$$

Keterangan:

N_{Q1} = Jumlah skr yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

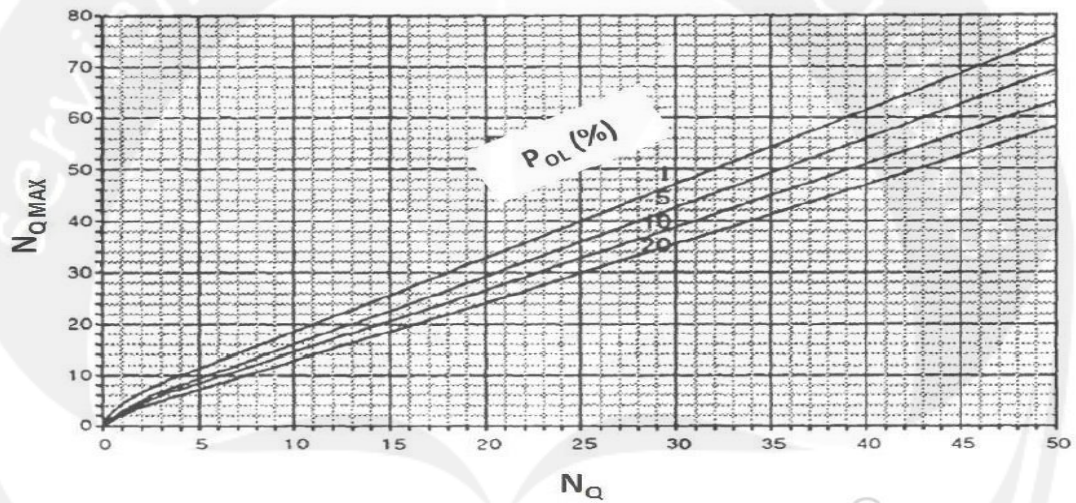
N_{Q2} = Jumlah skr yang datang selama fase merah

D_j = Derajat kejenuhan

R_H = Rasio hijau

c = Waktu siklus, detik

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



(Sumber: PKJI 2014)

Gambar 3.11 Jumlah antrian maksimum (N_{QMAX}) skr, sesuai dengan peluang Untuk beban lebih (P_{OL}) dan N_Q

3. Langkah E.3 Jumlah kendaraan terhenti

Rasio kendaraan terhenti (R_{KH}) untuk masing-masing pendekatan dihitung menggunakan Persamaan 3.25. Rasio tersebut sebagai fungsi dari N_Q dibagi dengan waktu siklus c , dan rasio waktu hijau (R_H).

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_Q}{Q \times c} \times 3600 \dots\dots\dots(3.25)$$

Jumlah kendaraan henti, N_H (skr) dihitung menggunakan Persamaan 3.26.

$$N_H = Q \times R_{KH} \dots\dots\dots(3.26)$$

Rasio rata-rata kendaraan berhenti untuk seluruh simpang atau angka henti seluruh simpang ($R_{KH \text{ Total}}$), dihitung menggunakan Persamaan 3.27.

$$R_{KH \text{ Total}} = \frac{\sum N_H}{Q_{\text{Total}}} \dots\dots\dots(3.27)$$

4. Langkah E.4 Tundaan.

Tundaan pada suatu simpang terjadi karena dua hal, yaitu 1) tundaan lalu lintas (T_L), dan 2) Tundaan geometrik (T_G). Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat I dihitung menggunakan Persamaan 3.28

$$T_i = T_{Li} + T_{Gi} \dots\dots\dots(3.28)$$

a. Tundaan lalu lintas rata-rata setiap pendekat (T_L) akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan pada pendekat lainnya dihitung menggunakan Persamaan 3.29.

$$T_L = c \times \frac{0,5 \times (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_j)} + \frac{N_{Q1} \times 3600}{c} \dots\dots\dots(3.29)$$

b. Tundaan geomtrik rata-rata masing-masing pendekat (T_G) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada simpang dan/atau ketik dihentikan oleh lampu merah. Gunakan persamaan 3.30.

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \dots\dots\dots(3.30)$$

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

- c. Memperhitungkan tundaan geometrik untuk gerakan lalu lintas yang B_{KIJT} .
- d. Memperhitungkan tundaan rata-rata akibat lalu lintas dan geometrik (det/skr)
- e. Memperhitungkan tundaan total dengan mengalihkan tundaan rata-rata dengan arus lalu lintas (dalam detik)
- f. Memperhitungkan tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (T_I) dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total (Q_{Total}) dalam skr/jam seperti Persamaan 3.31.

$$T_I = \frac{\sum(Q \times T)}{Q_{Total}} \dots \dots \dots (3.31)$$

Tundaan rata-rata dapat digunakan sebagai indikator tingkat pelayanan dari masing-masing pendekat, demikian juga dari suatu simpang secara keseluruhan.