BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Persimpangan adalah daerah dimana terdiri dari dua atau lebih ruas jalan bertemu atau persilangan. Persimpangan dapat bervariasi dari persimpangan sederhana yang terdiri dari pertemuan dua arus jalan sampai persimpangan komplek yang terdiri dari pertemuan beberapa ruas jalan.

Persimpangan merupakan bagian penting dari sistem jaringan jalan, lancar tidaknya pergerakan dalam suatu jaringan jalan sangat ditentukan oleh pengaturan pergerakan di persimpangan, secara umum kapasitas persimpangan dapat dikontrol dengan mengendalikan arus lalu lintas dalam sistem jaringan jalan tersebut. Sehingga persimpangan dapat dikatakan sebagai bagian dari suatu jaringan jalan yang merupakan daerah penting atau kritis dalam melayani arus lalu lintas (Prasetyanto, 2013).

Tujuan pembuatan persimpangan adalah mengurangi potensi konflik di antara kendaraan (termasuk pejalan kaki) dan sekaligus menyediakan kenyamanan maksimum dan kemudahan pergerakan bagi kendaraan atau dengan kata lain untuk mengatasi konflik-konflik potensial antara kendaraan bermotor, pejalan kaki, sepeda dan fasilitas angkutan lainnya agar pada saat melewati persimpangan didapatkan tingkat kemudahan dan kenyamanan.

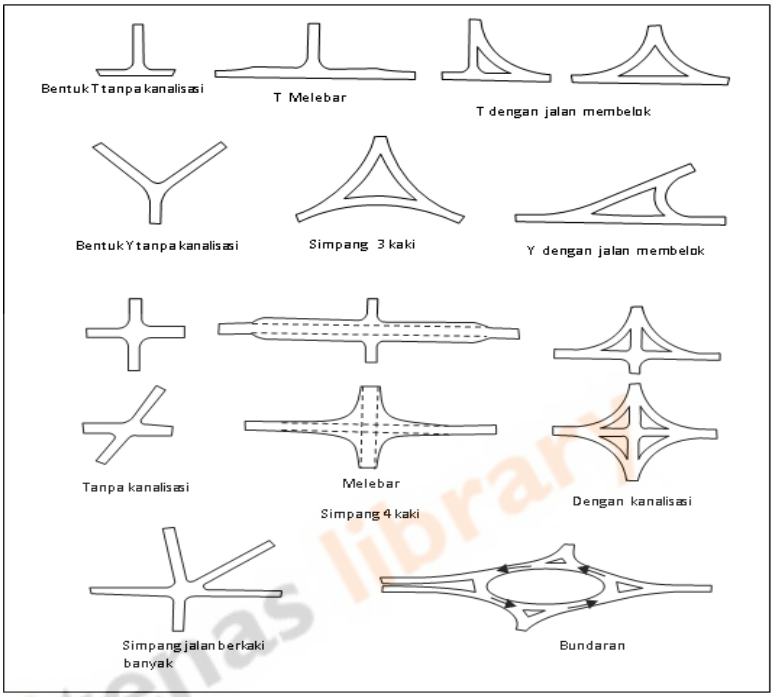
2.1 Persimpangan sebidang (*Intersection)*

Persimpangan dimana berbagai jalan atau ujung jalan masuk persipangan mengarahkan lalu intas masuk ke jalan yang dapat berlawanan dengan lalulintas lainnya. Jenis-jenis persimpangan jalan sebidang dapat dilihat pada Gambar 2.1. Pada persimpangan sebidang menurut jenis fasilitas pengatur lalu lintasnya dipisahkan menjadi dua bagian:

a. Simpang bersinyal atau bisa disebut simpang yang dilengkapi dengan APILL (alat pemberi isyarat lalu lintas) adalah persimpangan jalan yang pergerakan

atau arus lalu lintas dari setiap pendekatnya diatur oleh lampus sinyal untuk melewati persimpangan secara bergilir.

b. Simpang tak bersinyal adalah perteman jalan yang tidak menggunakan sinyal pada pengaturannya.



(Sumber: Morlok, E, K, 1991)

Gambar 2.1 Jenis-jenis Persimpangan Jalan Sebidang

2.2 Titik Konflik Pada Persimpangan

Persimpangan pada suatu jaringan jalan, dibuat agar pengguna jalan baik pengendara kendaraan bermotor maupun pejalan kaki dapat bergerak dalam arah yang berbeda dan pada waktu yang bersamaan, dengan demikian yang menjadi karakteristik dari persimpangan yaitu munculnya konflik yang berulang sebagai akibat dari pergerakan tersebut. Berdasarkan sifatnya konflik yang ditimbulkan oleh pergerakan kendaraan dan keberadaaan pejalan kaki dibedakan menjadi dua tipe yaitu:

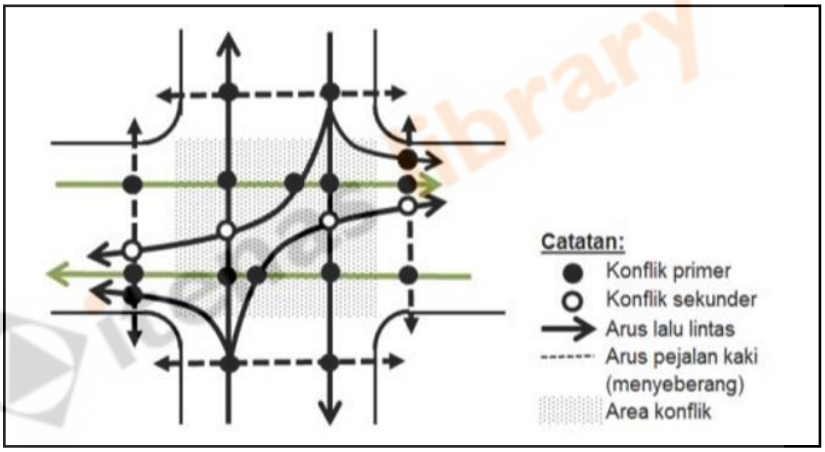
1. Konflik primer yaitu konflik yang terjadi antara arus lalu lintas yang saling memotong.

2. Konflik sekunder yaitu konflik yang terjadi antara arus lalu lintas kanan dengan arus lalulintas arah lainnya dan atau lalulintas belok kiri dengan para pejalan kaki.

Jumlah titik konflik yang terjadi dipersimpangan tergantung beberapa factor antara lain:

1. Jumlah kaki persimpangan yang ada.
2. Jumlah lajur pada setiap kaki persimpangan.
3. Jumlah arah pergerakan yang ada.
4. Sistem pengaturan yang ada.

Gambar 2.2 berikut ini menunjukan titik konflik yang terjadi disuatu persimpangan.



(Sumber: PKJI, 2014.)

Gambar 2.2 Konflik yang Terjadi di Simpang empat Lengan

2.3 Simpang Bersinyal

APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) digunakan untuk mempertahankan kapasitas persimpangan pada jam puncak dan mengurangi kecelakaan akibat tabrakan antar pengguna jalan dari arah yang berlawanan. Untuk memenuhi aspek keselamatan simpang bersinyal ini diberi lampu isyarat. Lampu isyarat haruslah dilengkapi dengan:

1. Lampu hijau (w_H) sebagai tanda izin berjalan bagi kendaraan yang akan melewati simpang;

2. Lampu kuning (w_K) sebagai tanda untuk memperingati arus yang sedang bergerak bahwa fase sudah berakhir;
3. Lampu merah (w_M) sebagai tanda larangan berjalan bagi kendaraan-kendaraan pada lengan simpang bersinyal yang ditinjau.

Metode yang digunakan untuk analisa simpang bersinyal ini mengacu pada PKJI 2014, selengkapnya akan diuraikan pada bab berikut ini:

2.3.1 Data Masukan Lalu Lintas

Data masukan lalu lintas diperlukan untuk dua hal, yaitu pertama data arus lalulintas 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 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 perencanaan yang ditetapkan dari LHRT. LHRT dapat ditaksir menggunakan data survey perhitungan lalulintas selama beberapa hari tertentu sesuasi dengan pedoman survey perhitungan lalu lintas yang berlaku. Dalam satu pendekat terkadang terdapat dua tipe pendekat yang berbeda pada masing-masing fasenya, jika hal ini di temui pada saat analisa maka nilai ekr yang digunakan juga menjadi dua, sesuai tipe pendekat masing-masing fase tersebut. Nilai ekr untuk tiap jenis kendaraan pada tipe pendekat terlindung dan terlawan ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Ekivalensi Kendaraan Ringan (ekr)

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

(Sumber : PKJI, 2014.)

1. KR (Kendaraan Ringan) adalah kendaraan bermotor ber-ass dua dengan empat rodan dan dengan jarak as 2 m-3 m.
2. KB (Kendaraan Berat) adalah kendaraan bermotor dengan lebih dari empat roda (meliputi bis, truk 2 as, dan truk kombinasi).
3. SM (Sepeda Motor) adalah kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda (meliputi sepeda motor dan kendaraan roda tiga).

2.3.2 Penggunaan Isyarat

Pengaturan dua fase dapat dipertimbangkan pada awal analisa karena memberikan kapasitas terbesar dengan tundaan yang terendah dibandingkan dengan pengaturan tiga atau empat fase. Apabila pengaturan dua fase belum memadai maka dilakukan evaluasi arus belok kanan, apakah memungkinkan bila dipisahkan dari arus lurus dan apakah tersedia lajur untuk memisahkannya, pengaturan arus belok kanan yang terpisah hanya dilakukan bila arusnya melebihi 200 skr/jam, tetapi bis saja dilakukan peisahan walaupun arus belok kanan lebih rendah dari 200 skr/jam dengan pertimbangan peningkatan terhadap keselamatan lalu lintas.

Perhitungan rinci nilai waktu antar hijau (w_{AH}) dan waktu hijau hilang total (w_{HH}) diperlukan saat analisa operasional dan perencanaan peningkatan, untuk keperluan praktis nilai normal w_{AH} dapat menggunakan nilai-nilai pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai Normal Waktu Antar Hijau (w_{AH})

Ukuran Simpang	Lebar jalan rata-rata (m)	Nilai normal W_{AH} (detik/fase)
Kecil	6 -< 10	4
Sedang	10 -< 15	5
Besar	≥15	≥ 6

(Sumber: PKJI, 2014.)

W_{MS} diperlukan untuk pengosongan area konflik dalam simpang bersinyal pada akhir setiap fase. Waktu ini memberikan kesempatan bagi kendaraan terakhir melewati garis henti pada akhir isyarat kuning sampai dengan meninggalkan titik titik konflik, jarak ini adalah penjumlahan dari panjang lintasan keberangkatan (L_{KBR}) dengan panjang kendaraan berangkat (P_{KBR}) sebelum kedatangan kendaraan pertama yang dating dari arah lain (KDT) pada fase berikutnya yang melewati garis henti pada awal isyarat hijau sampai dengan ketitik konflik , serta panjang dari kendaraan yang berangkat (P_{KBR}). Pada saat waktu lintasan pejalan kaki (L_{PK}) lebih lama ditempuh dibandingkan L_{KBR}, maka L_{PK} yang menentukan panjang lintasan berangkat. Titik konflik kritis dan jarak untuk keberangkatan dan kedatangan tertera pada Gambar 2.3.

Titik konflik kritis pada masing-masing fase(i) adalah titik yang menghasilkan w_{MS} terbesar. W_{MS} per fase dipilih yang terbesar dari dua hitungan waktu lintasan, yaitu kendaraan berangkat dan pejalan kaki. Berikut ini adalah perhitungan untuk menghasilkan nilai w_{MS}:

$$w_{MS} = Max \begin{cases} \frac{L_{KBR}+P_{KBR}}{V_{KBR}} - \frac{L_{KDT}}{V_{KDT}} \\ \frac{L_{PK}}{V_{PK}} \end{cases} \quad (2.1)$$

L_{KBR}, L_{KDT}, L_{PK} = Jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk yang berangkat, kendaraan yang dating, dan pejalan kaki (m);

P_{KBR} = Panjang kendaraan yang berangkat (m);

V_{KBR}, V_{KDT}, V_{PK} = Kecepatan untuk masing-masing kendaraan berangkat, kendaraan datang, dan pejalan kaki (m/det).

Nilai-nilai V_{KBR}, V_{KDT}, dan P_{KBR} tergantung dari kondisi lokasi setempat. Nilai-nilai berikut ini dapat digunakan sebagai pilihan jika nilai baku tidak tersedia.

V_{KDT} = 10 m/det (kendaraan bermotor);

V_{KBR} = 10 m/det (kendaraan bermotor);

3 m/det (kendaraan tak bermotor misalnya sepeda);

1,2 m/det (pejalan kaki);

P_{KBR} = 5 m (MP atau KB);

2 m (SM atau KTB).

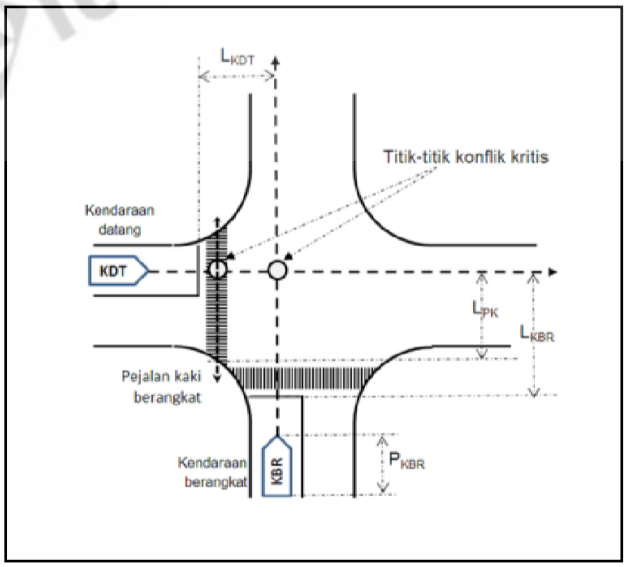
Berikut ini adalah rumus yang digunakan apabila periode wms untuk masing-masing akhir fase telah ditetapkan, maka waktu hijau hilang total (w_{HH}) Simpang Bersinyal untuk setiap siklus dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu antar hijau dengan menggunakan Rumus 2.2.

$$w_{HH} = \sum i(w_{MS} + w_K)i \qquad (2.2)$$

dengan:

W_{MS} = Waktu merah semua (detik);

W_k = Waktu Kuning (detik).



(Sumber: PKJI, 2014.)

Gambar 2.3 Titik Konflik Kritis dan Jarak Untuk Keberangkatan dan Kedatangan

2.3.3 Penentuan Waktu Isyarat

Prosedur penentuan waktu isyarat meliputi enam tahap yaitu penetapan tipe pendekat, penentuan lebar pendekat efektif, penetapan arus jenuh dasar, penetapan arus jenus yang disesuaikan, menghitung rasio arus (rencana) terhadap arus jenuh, dan menghitung waktu siklus serta waktu hijau yang merupakan waktu-waktu isyarat yang akan dijelaskan pada sub bab berikut:

1. Tipe Pendekat

   Pada pendekat dengan arus lalulintas yang berangkat pada fase yang berbeda, maka analisa 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 analisanya harus dipisahkan berdasarkan ketentuannya masing-masing. Gambar 2.4 memberikan ilustrasi dalam penentuan tipe pendekat, apakah terlindung (P) atau terlawan (O).

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 belok kiri jalan terus (B_{KiJT}) diizinkan tanpa mengganggu arus lurus dan arus belok kanan saat isyarat merah, maka L_E ditentukan dari nilai terkecil diantara L_K dan (L_M-L_{BiJT}).

   a. Menentukan L_M

      Pada pendekat terlindung nilai L_M dipengaruhi oleh rasio belok kanan (R_{Bka}) dan rasio belok kiri jalan terus (B_{KiJT}), jika $L_K < L_M \times (1-R_{BKa}-R_{BKiJT})$ maka $L_E=L_K$ dan analisa penentuan waktu isyarat untuk pendekat ini hanya didasarkan pada arus lurus saja, jika pendekat dilengkapi pulau lalulintas, maka L_M ditentukan seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.5b yaitu $L_M = L - L_{BKiJT}$.

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

   Langkah 1: Arus B_{KiJT} (Qq_{BKiJT}) dari perhitungan dikeluarkan dan selanjutnya arus yang dihitung adalah $Q = Q_{LRS} + Q_{Bka}$.

   Lebar efektif ditentukan dengan Rumus 2.3.

$$L_E = Min \begin{cases} L - L_{BKiJT} \\ L_M \end{cases} \quad (2.3)$$

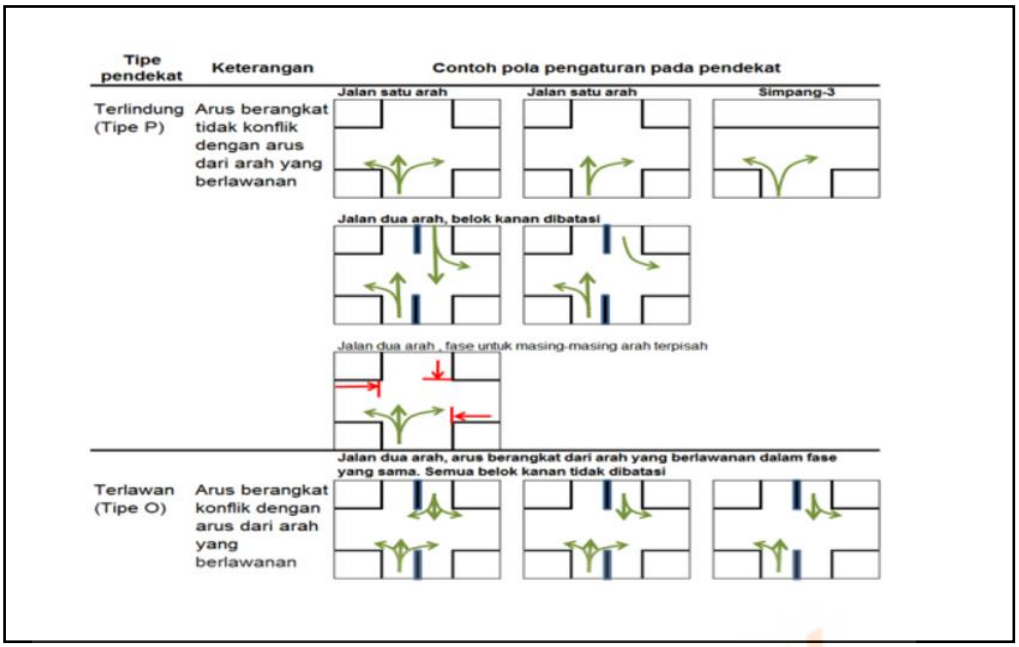
   Langkah 2: Untuk Pendekat tipe P, jika $L_K < L_M \times (1-R_{BKa})$, maka $L_E = L_K$ dan analisa penentuan waktu isyarat untuk pendekat ini didasarkan hanya bagian lalulintas yang lurus saja yaitu Q_{LRS}.

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

   Langkah 1: Q_{BKiJT} turut disertakan pada perhitungan selanjutnya. Lebar efektif ditentukan dengan rumus 2.4.

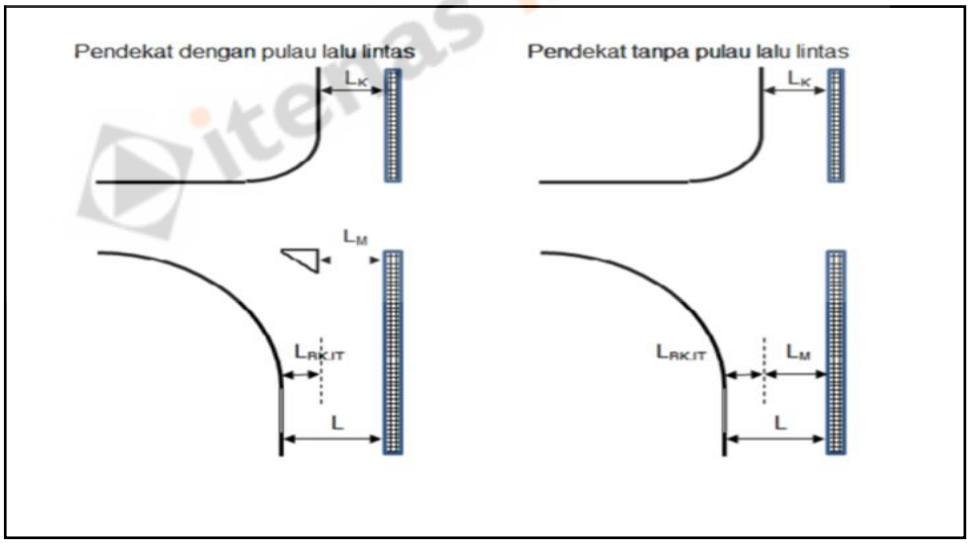
$$L_E = Min \begin{cases} L \\ L_M + L_{BKiJT} \\ L\ x\ (1 + L_{BKiJT}) - L_{BKiJT} \end{cases} \quad (2.4)$$

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



(Sumber: PKJI, 2014.)

Gambar 2.4 Penentuan Tipe Pendekat Terlindung (Tipe P)



(a) (b)

(Sumber: PKJI, 2014.)

Gambar 2.5 Lebar Pendekat

3. Arus Jenuh Dasar (S_0)

Arus jenuh (S) adalah hasil perkalian antara arus jenuh dasar (S_0) dengan factor- factor koreksi untuk penyimpangan kondisi eksisting terhadap kondisi

ideal yang dinyatakan dalam skr/jam. S_0 adalah S pada keadaan lalulintas dan geometrik yang ideal, sehingga faktor-faktor koreksi untuk S_0 adalah satu. S dapat dihitung menggunakan rumus 2.5.

$$S = S_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BKi} \times F_{BKa} \quad (2.5)$$

Penyesuaian dilakukan untuk kondisi sebagai berikut:

a. F_{HS} adalah faktor koreksi S_0 akibat hambatan samping lingkungan jalan;
b. F_{UK} adalah faktor koreksi S_0 terkait ukuran kota;
c. F_G adalah faktor koreksi S_0 akibat kelandaian memanjang pendekat;
d. F_P adalah faktor koreksi S_0 akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parker pertama;
e. F_{BKi} adalah faktor koreksi S_0 akibat arus lalulintas yang membelok ke kiri;
f. F_{BKa} adalah faktor koreksi S_0 akibat arus lalulintas yang membelok ke kanan.

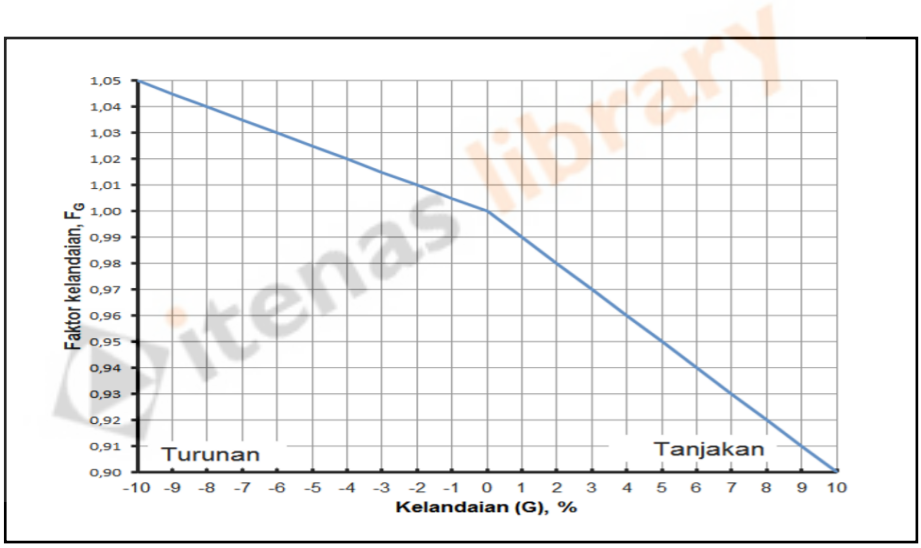
Tabel 2.3 Faktor Penyesuaian Untuk tipe Lingkungan jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{HS})

Tipe Lingkungan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0	0,05	0,1	0,15	0,2	≥0,25
Komersial (KOM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,7
		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/ 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.)

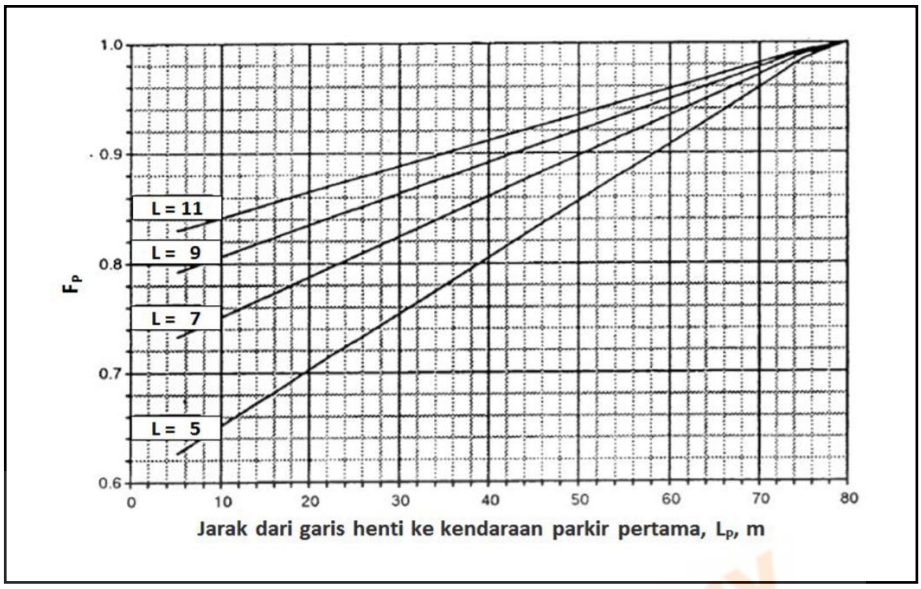
Tabel 2.4 Faktor Koreksi Ukuran Kota (F_{UK})

Jumlah penduduk kota (Juta Jiwa)	**Faktor Koreksi ukuran Kota (F_{UK})**
>3,0	1,05
1,1 – 3,0	1,00
0,5 – 1,0	0,94
0,1 – 0,5	0,83
< 0,1	0,82



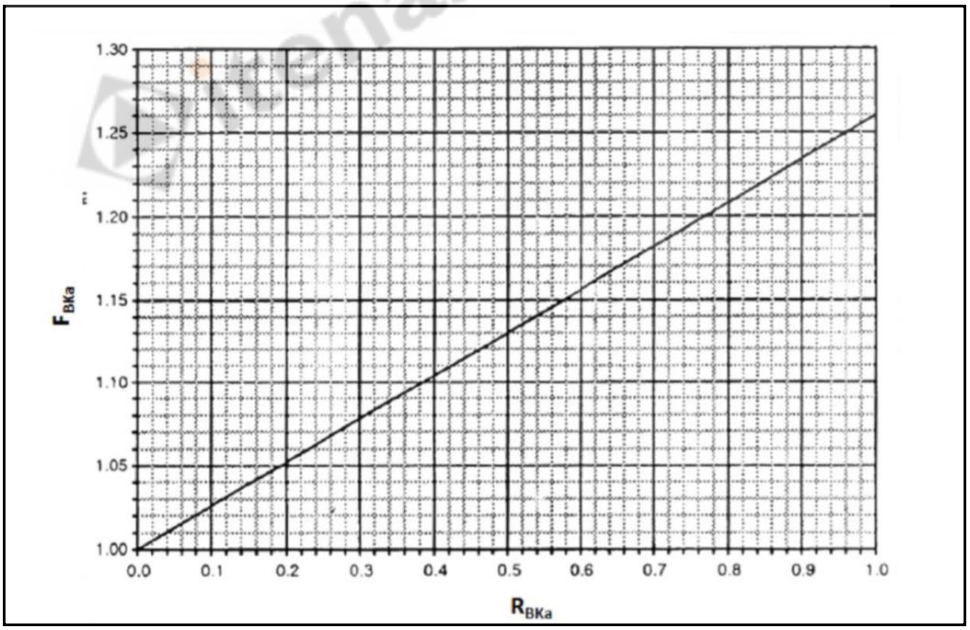
(Sumber: PKJI, 2014.)

Gambar 2.6 Penyesuaian Untuk Kelandaian (F_G)



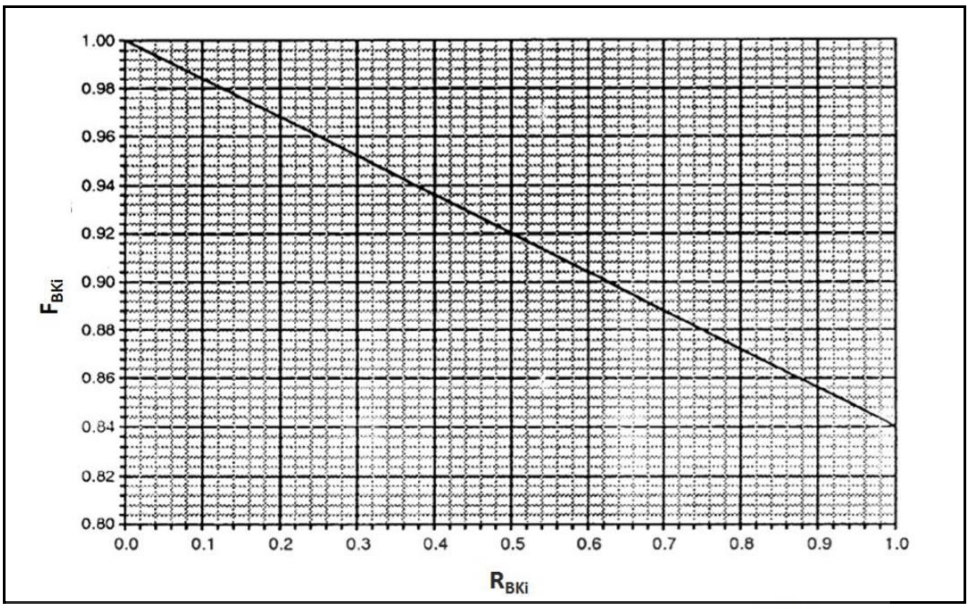
(Sumber: PKJI, 2014.)

Gambar 2.7 Faktor Koreksi Untuk Pengaruh Parkir (F_P)



(Sumber: PKJI, 2014.)

Gambar 2.8 Faktor Koreksi Untuk Belok Kanan (F_{BKa}), Pada Pendekat Tipe P Dengan Jalan Dua Aarah, Dan Lebar Efektif Ditentukan Oleh Lebar Masuk



(Sumber: PKJI, 2014.)

Gambar 2.9 Faktor Koreksi Untuk Pengaruh Belok kiri (F_{BKi}) Untuk Pendekat Tipe P, Tanpa B_{KJiJT}, dan L_E ditentukan oleh L_M

Untuk pendekat terlindung, S_0 ditentukan oleh Rumus 2.6 sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat.

$$S_0 = 600 \times L_E \tag{2.6}$$

Dengan:

S_0 = Arus jenuh dasar (skr/jam);

L_E = Lebar efektif pendekat (m).

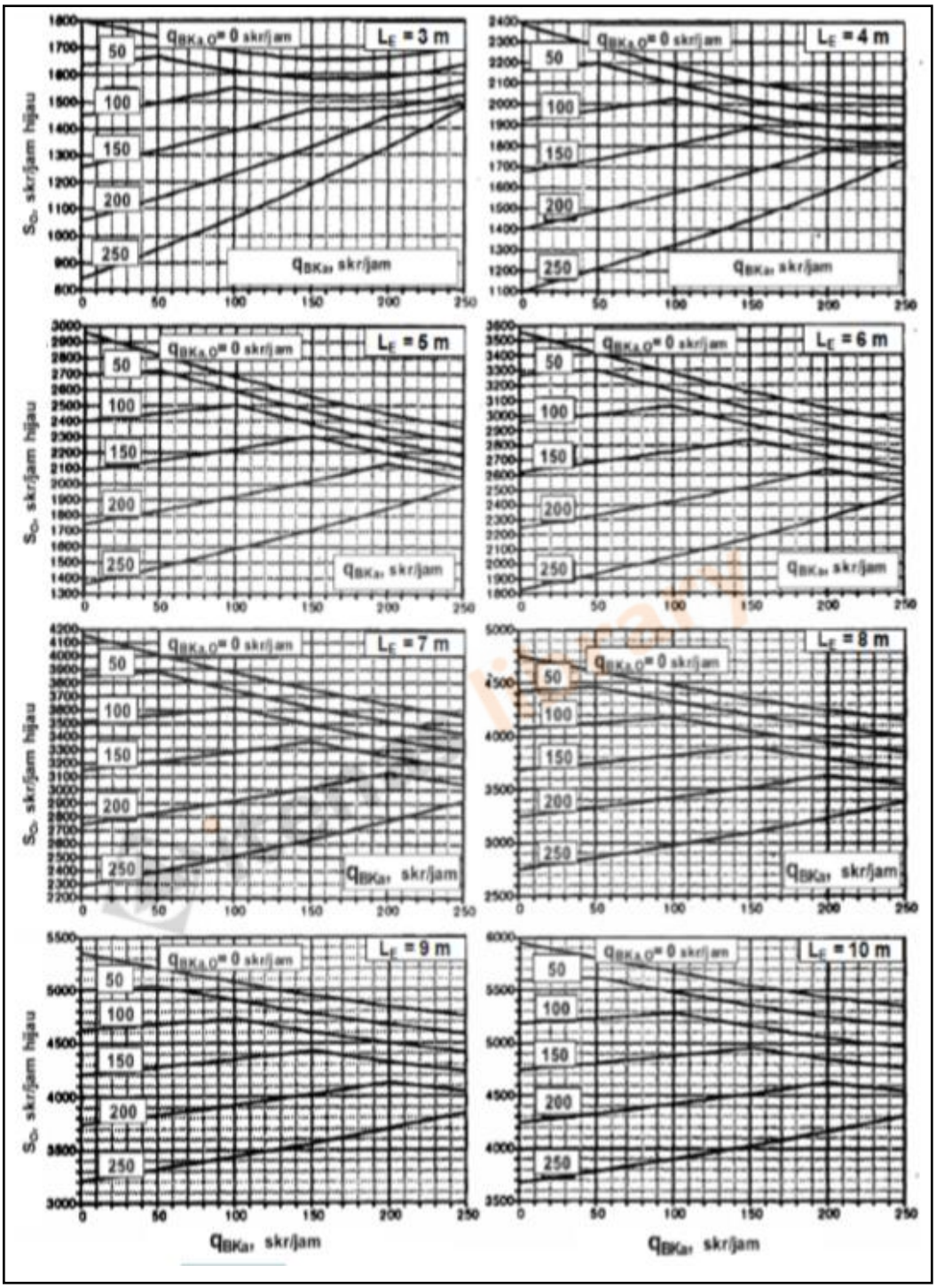
Untuk pendekat terlawan, keberangkatan dari antrian sangat dipengaruhi oleh kenyataan bahwa pengemudi sering mengabaikan “aturan hak jalan”. Arus kendaraan-kendaraan yang membelok ke kanan memaksa menerobos arus lalulintas lurus dari arah yang berlawanan. Model kapasitas Simpang Bersinyal dari Negara Barat Tentang tipikal keberangkatan arus lalulintas seperti ini, tidak dapat diterapkan karena teori tersebut didasarkan pada teori *gap acceptance* (waktu antara yang diterima). Model lain yang telah dikembangkan dan dianggap sesuai didasarkan pada pengamatan perilaku pengemudi di Indonesia dan diterapkan dalam pedoman ini. Apabila terdapat gerakan belok kanan dengan rasio tinggi,

umumnya menghasilkan kapasitas-kapasitas yang lebih rendah jika dibandingkan dengan model Barat. Untuk pendekat tak terlindung (tipe O) dengan ketentuan:

a. Tidak dilengkapi lajur belok-kanan terpisah, maka S_0 ditentukan menggunakan Gambar 2.10 sebagai fungsi dari L_E, q_{BKa}, dan q_{BKaO}.
b. Dilengkapi dengan lajur belok kanan terpisah, maka gunakan Gambar 2.11 sebagai fungsi dari L_E, q_{BKa}, dan q_{BKaO}.

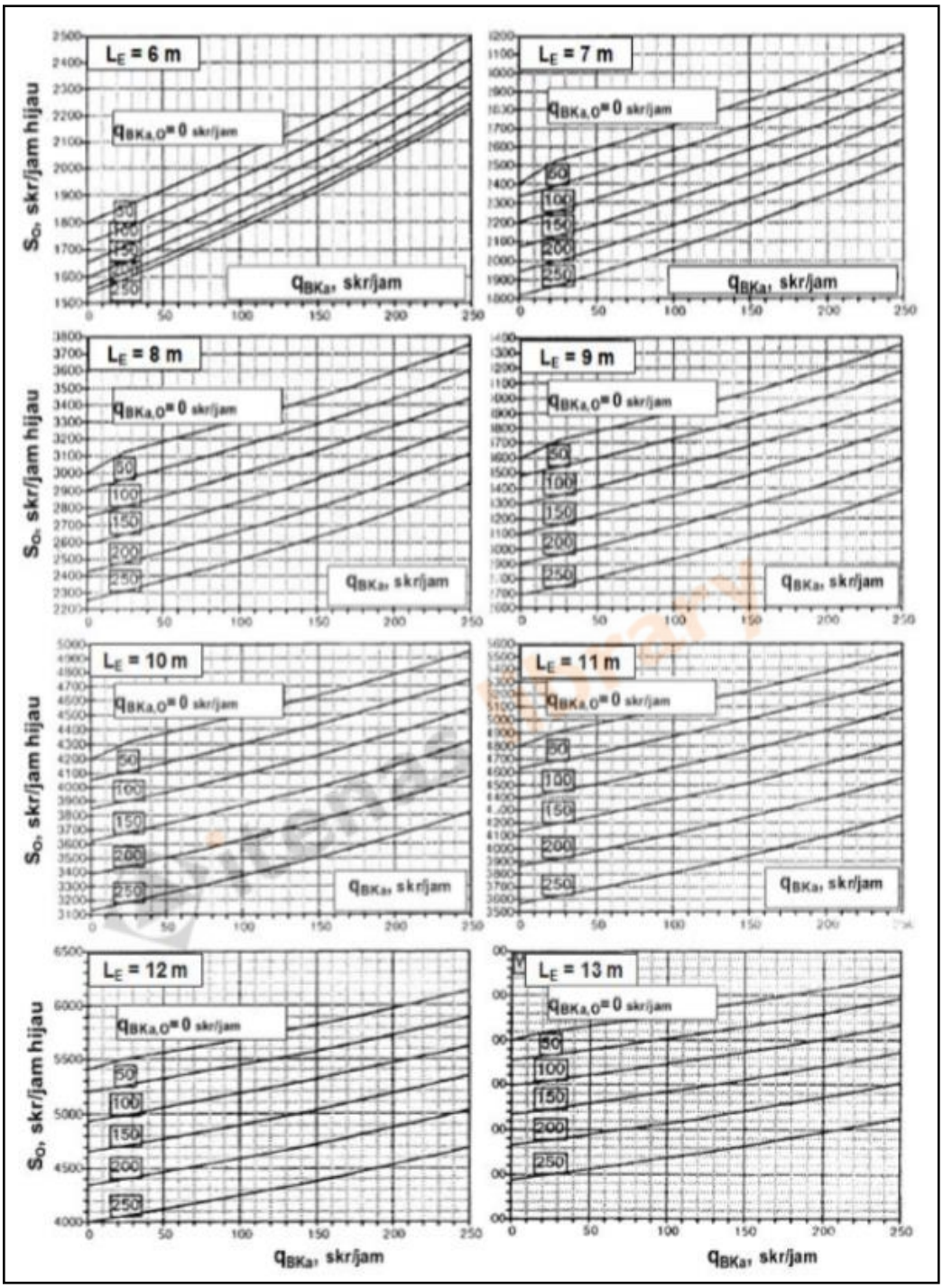
Gambar 2.10 dan Gambar 2.11 digunakan untuk mendapatkan nilai S_0 dan lakukan interpolasi seperlunya. Jika gerakan belok kanan lebih besar dari 250 skr/jam, fase isyarat terlindung harus diperimbangkan dan rencana fase isyarat harus diganti.

itenas library



(Sumber: PKJI, 2014.)

Gambar 2.10 Arus Jenuh Dasar (S_0) Untuk Pendekat Tak Terlindung (Tipe O) Tanpa Lajur Belok Kanan Terpisah



(Sumber: PKJI, 2014.)

Gambar 2.11 Arus Jenuh Dasar (S_0) Untuk Pendekat Tak Terlindung (Tipe O) Dilengkapi Lajur Belok Kanan Terpisah

4. Arus Jenuh yang Telah Disesuaikan (S)

Nilai S ditentukan dengan menggunakan rumus 2.6. Dalam perhitungannya perlu diperhatikan jika suatu pendekat mempunyai isyarat hijau lebih dari suatu fase yang arus jenuhnya telah ditentukan secara terpisah, maka nilai arus jenuh kombinasi harus dihitung secara proporsional terhadap masing-masing fase.

Jika suatu pendekat berisyarat hijau pada kedua fase1 dan 2 dengan waktu hijau W_{H1} dan W_{H2} dan arus jenuh S_1 dan S_2, nilai kombinasi S_{1+2} dihitung dengan Rumus 2.7.

$$S_{1+2} = \frac{S_1 \times w_{H1} + S_2 \times w_{H2}}{w_{H1} + w_{H2}} \quad (2.7)$$

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 ¼ 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 detik.

$$S_{1+2} = \frac{1}{3} \times S_1 + \frac{2}{3} \times S_2 \quad (2.8)$$

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

Rasio Arus Terhadap Arus Jenuh atau perbandingan dari q dan s, dalam menganalisa $R_{Q/S}$ perlu diperhatikan bahwa:

a. Jika arus B_{KiJT} harus dipisahkan dari analisa, maka hanya arus lurus dan belok kanan saja yang hiditung sebagai nilai Q.
b. 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 rumus 2.7.

$R_{Q/J}$ dihitung menggunakan Rumus 2.9.

$$R_{Q/S} = \frac{Q}{S} \tag{2.9}$$

6. Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Waktu isyarat terdiri dari waktu siklus (s) dan waktu hijau (w_H). Tahap pertama adalah penentuan waktu siklus untuk system kendali waktu tettap yang dapat dilakukan yang bertujuan meminimumkan tundaan total. Tahap selanjutnya adalah menentapkan waktu hijau (w_H) pada masing-masing fase (i). Nilai c ditetapkan menggunakan Rumus 2.10.

$$c = \frac{(1{,}5 \times w_{HH} + 5)}{(1 - \sum R_{Q/J_{kristis}}} \tag{2.10}$$

dengan:

c = Waktu siklus (detik);

w_{HH} = Jumlah waktu hijau hilang per siklus (detik);

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

$R_{Q/S}$ kritis adalah nilai $R_{Q/S}$ yang tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada fase yang sama $\sum R_{Q/Skritis}$ adalah rasio arus simpang (sama dengan jumlah semua $R_{Q/Skritis}$ dari semua fase) pada siklus tersebut.

Nilai s yang terlalu besar akan menyebabkan meningkatnya tundaan rata-rata, s yang besar terjadi jika nilai $\sum R_{Q/Skritis}$ mendekatu satu atau jika lebih dari satu, maka simpang bersinyal tersebut "melampaui jenuh" akan menghasilkan nilai c yang tidak realistik karena sangat besar atau negatif. W_H ditetapkan menggunakan Rumus 2.11.

$$w_{Hi} = (c - w_{HH}) \times \frac{R_{Q/S_{kritis}}}{\sum_i (R_{Q/S_{kritis}})} \tag{2.11}$$

dengan:

w_{Hi} = Waktu hijau pada fase i (detik).

Kinerja suatu Simpang Bersinyal pada umumnya lebih peka terhadap kesalahan-kesalahan dalam pembagian waktu hijau dari pada terhadap terlalu panjangnya waktu siklus. Penyimpangan kecil dari rasio hijau (w_{Hi}/c) yang ditentukan dari Rumus 2.11 dapat berakibat bertambah tingginya tundaan rata-rata pada Simpang Bersinyal tersebut.

2.3.4 Kapasitas Perlengan

Kapasitas (C) adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan selama waktu paling sedikit satu jam, dapat dihitung menggunakan Rumus 2.12.

$$C = S \times \frac{w_H}{c} \tag{2.12}$$

dengan:

C = Kapasitas perlengan (skr/jam);

S = Arus jenuh perlengan (skr/jam);

w_H = Total waktu hijau dalam satu siklus (detik);

c = Waktu siklus (detik).

2.3.5 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (D_J) merupakan perbandingan antara arus lalu lintas dengan kapasitas, dihitung menggunakan Rumus 2.13.

$$D_J = \frac{Q}{C} \tag{2.13}$$

dengan:

D_J = Derajat Kejenuhan;

Q = Arus lalulintas perlengan (skr/jam);

C = Kapasitas perlengan (skr/jam).

2.3.6 Kinerja Lalu Lintas Simpang Bersinyal

Kinerja lalu lintas Simpang Bersinyal dilihat dari panjang antrian, rasio kendaraan henti dan tundaan, selengkapnya akan dijelaskan pada sub bab berikut:

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 dating dan terhenti dalam antrian selama fase merah (N_{Q2}), dihitung menggunakan Rumus 2.14, 2.15, dan 2.16.

   $$N_Q = N_{Q1} + N_{Q2} \quad (2.14)$$

   Jika $D_J > 0,5$ maka:

   $$N_{Q1} = 0,25 \times s \times \left\{\sqrt{(D_J - 1)^2 + \frac{8\times(D_J - 0,5)}{s}}\right\} \quad (2.15)$$

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

   $$N_{Q2} = s \times \frac{(1 - R_H)}{(1 - R_H \times D_J)} \times \frac{Q}{3600} \quad (2.16)$$

   Panjang antrian (PA) diperoleh dari perkalian N_Q (skr) dengan luas area rata-rata yang digunakan oleh satu mobil penumpang (ekr) yaitu 20 m^2 dibagi lebar masuk (m) sebagaimana Rumus 2.17.

   $$PA = N_Q \times \frac{20}{L_M} \quad (2.17)$$

2. Rasio Kendaraan Henti (R_{KH})

   Rasio kendaraan henti yaitu rasio kendaraan pada pendekat yang harus berhenti akibat isyarat merah sebelum melewati suatu Simpang Bersinyal terhadap jumlah arus pada fase yang sama pada pendekat tersebut, dapata dihitung menggunakan Rumus 2.18.

   $$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_Q}{Q \times s} \times 3600 \quad (2.18)$$

   dengan:

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

   s = Waktu siklus (detik);

Q = Arus lalulintas dari pendekat yang ditinjau (skr/jam).

Jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH}) adalah jumlah berhenti rata-rata perkendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu Simpang Bersinyal, dapat dihitung menggunakan Rumus 2.19.

$$N_{KH} = Q \times R_{KH} \quad (2.19)$$

3. Tundaan

Tundaan pada suatu Simpang Bersinyal terjadi karena dua hal yaitu tundaan lalu lintas (T_L) dan tundaan geometrik (T_G). Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat (i) dihitung menggunakan Rumus 2.20

$$T_i = T_{Li} \times T_{Gi} \quad (2.20)$$

Tundaan lalu lintas rata-rata pada suatu pendekat (i) dapat ditentukan dengan Rumus 2.21 (Akcelik 1988):

$$T_L = s \times \frac{0{,}5 \times (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_J)} + \frac{N_{Q1} \times 3600}{s} \quad (2.21)$$

Hasil perhitungan tidak berlaku jika C 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 dihitung menggunakan Rumus 2.22.

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \quad (2.22)$$

dengan:

P_B = Porsi kendaraan membelok pada suatu pendekat.

Nilai normal T_G untuk kendaraan belok tidak berhenti adalah 6 detik untuk yang berhenti adalah 4 detik. Nilai normal ini didasarkan pada anggapan bahwa:

a. Kecepatan = 40 km/jam.
b. Kecepatan belok tidak berhenti = 10 km/jam.
c. Percepatan dan perlambatan = 1,5 m/det^2.
d. Kendaraan berhenti melambat untuk meminimumkan tundaan, sehingga menimbulkan hanya tundaan percepatan.

2.4 Karya Ilmiah Sejenis Sebelumnya

Pada pengerjaan tugas akhir ini, terdapat beberapa penelitian yang berkaitan dengan tugas akhir penulis. Beberapa penelitian sebelumnya menggunakan metode yang sama dengan yang akan digunakan penulis untuk melakukan analisa kinerja persimpangan dapat dilihat dibawah ini:

Ramadhan, N.A. (2011). Kajian Kinerja Persimpangan Berlampu Lalulintas Studi Kasus Persipangan Jalan R.E. Martadinata – Jalan Anggrek Kota Bandung, 4-30.

Pramesti, V.S. (2016). Kinerja Persimpangan Jalan di Sekitar *Flyover* Jalan Jakarta-Jalan Ibrahim Adjie Kota Bandung, 5-28.

itenas library