

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Topik penelitian ini bukanlah topik baru, sehingga terdapat penelitian-penelitian yang sudah membahas tentang evaluasi simpang sebelumnya. Penulis merangkum penelitian-penelitian yang digunakan sebagai referensi penelitian seperti yang dijabarkan pada Tabel 2.21 berikut ini.

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu

No.	Nama	Institusi	Judul	Metode	Hasil Analisis
1	M. Iqbal. C.A	ITERA	Pengaruh Gerbang Tol Kotabaru-ITERA Terhadap Pergerakan di Persimpangan Jalan Ryacudu-Airan Raya	PKJI 2014	Pergerakan arus lalu lintas masuk dan keluar gerbang Tol Kotabaru menyebabkan arus lalu lintas Simpang Jalan Ryacudu – Airan Raya meningkat.
2	Siti Rahma,S. T.,M.T. dan Reza Eka Putra, S.T.,M.T.	ITERA	<i>Development of Intersection Management Strategy Due to Opening of Sumatera Toll Road</i>	MKJI 1997 dan <i>Transportation Modelling</i>	Pembukaan Jalan Tol Sumatera mempengaruhi kondisi transportasi simpang hingga 60% sehingga disarankan kebijakan manajemen simpang yaitu pelebaran jalan dan <i>fly over</i> dengan pelebaran jalan menjadi opsi yang lebih baik berdasarkan hasil evaluasi <i>benerfit and cost ratio</i>
3	Dining Dwi Hidayati dan Monica Dara Amanda	ITS	Evaluasi Kinerja Simpang Tak Bersinyal Menjadi Simpang Bersinyal pada Simpang Empat Jalan Kenjeran - Jalan Tempurejo - Jalan Sukolilo LOR Surabaya	MKJI 1997	Simpang, dalam periode 2015-2020, kurang layak sehingga direncanakan perubahan ke simpang bersinyal 2 fase dengan direncanakan beroperasi dengan baik antara 2020-2025.
4	Sevy Riski Ariani	ITS	Evaluasi Kinerja Simpang Tak Bersinyal Menjadi Simpang Bersinyal Jalan Rungkut	MKJI 1997	Kinerja simpang pada tahun 2017 sudah tidak layak sehingga direncanakan alternatif pertama,yaitu perubahan

No.	Nama	Institusi	Judul	Metode	Hasil Analisis
			Kidul - Jalan Zamruhi - Jalan Rungkut Tengah - Jalan Rungkut Industri Kidul Surabaya		menjadi menjadi simpang bersinyal dengan pengaturan tiga fase, pelebaran jalan, dan merencanakan hambatan samping menjadi kategori sedang. Alternatif kedua adalah pelebaran jalan, perubahan pengaturan fase, dan penyesuaian waktu sinyal. Kedua alternatif direncanakan dioperasikan untuk periode 2018-2022.
5	Juniardi	UNDIP	Analisis Arus Lalu Lintas Di Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus : Simpang Timoho dan Simpang Tanjung di Kota Yogyakarta)	MKJI 1997 dan <i>Raff Method</i>	Kinerja simpang Timoho dan Simpang Tanjung tergolong sangat buruk. Terjadi perbedaan antara nilai emp MKJI dengan emp lapangan. Pengendara dari jalan minor cenderung lebih agresif dalam menyelesaikan manuver, terjadi penurunan potensi serapan arus yang besar, karakteristik arus lalu lintas Simpang Timoho dan Tanjung berbeda

Pada Tabel 2.23, referensi 1 dan 2 membahas dampak yang diberikan oleh gerbang tol Kotabaru-ITERA terhadap arus lalu lintas pada Simpang Polsek Sukarama, namun referensi 1 berfokus dampak gerbang tol pada tahun 2020 sedangkan referensi 2 berfokus dampak gerbang tol pada masa pembukaan gerbang tol. Hasil analisis kedua referensi tersebut kurang lebih sama, yakni gerbang tol mempengaruhi arus lalu lintas pada Simpang Polsek Sukarama walaupun referensi 2 menambahkan saran manajemen simpang.

Referensi 3 dan 4 kurang lebih serupa. Luaran yang ingin dihasilkan adalah evaluasi kelayakan simpang hingga tahun rencana kemudian merencanakan simpang APILL untuk mengatasi ketidaklayakan simpang pada tahun rencana. Namun demikian, referensi 4 merencanakan simpang APILL dengan skema-skema berbeda, seperti pelebaran pendekat dan pengurangan hambatan samping. Referensi 5 mempelajari

lebih dalam terkait kinerja simpang yang ditinjau dan perilaku lalu lintas di dalamnya, termasuk karakteristik lalu lintas. Cakupan yang dibahas lebih detail dapat dimaklumi karena penelitian ini ditujukan untuk tesis pascasarjana.

Secara umum, perbedaan penelitian ini dengan referensi di atas adalah:

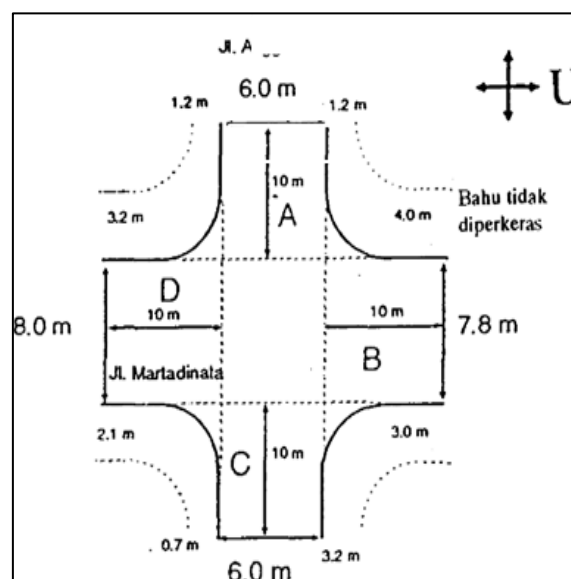
1. Pedoman utama PKJI 2014.
2. Berfokus pada evaluasi dan perencanaan perbaikan kinerja Simpang Polsek Sukarame dengan periode penelitian pada tahun 2020.
3. Perencanaan perbaikan kinerja simpang bersifat sebidang.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Prosedur Perhitungan Simpang

1. Kondisi Geometrik

Data masukan kondisi geometrik simpang berupa data masukan yang menggambarkan kondisi fisik jalan yang dapat digunakan dalam perhitungan kapasitas seperti dimensi jalan mayor, jalan minor, dan median. Jalan mayor merupakan jalan terpenting pada suatu simpang berdasarkan pertimbangan sebagai jalan, seperti klasifikasi jalan, sedangkan jalan minor merupakan jalan dalam suatu simpang dengan tingkat kepentingan lebih rendah dari jalan mayor. Sebaiknya sketsa simpang menggambarkan dengan baik suatu simpang seperti yang diilustrasikan oleh Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Contoh Sketsa Simpang

Sumber : PKJI 2014

2. Kondisi Lalu Lintas

Kondisi lalu lintas adalah data yang menggambarkan keadaan lalu lintas di simpang. Data ini digunakan dalam proses evaluasi kinerja lalu lintas. Data tersebut terdiri atas arus lalu lintas eksisting per satuan jam pada rentang waktu yang ditinjau, sebagai contoh pada periode jam sibuk sore.

a. Perhitungan Arus Lalu Lintas

$$Q = \sum (q_{\text{kend}} \times e_{\text{kr}}) \quad (2.1)$$

Keterangan :

q_{kend} = Volume kendaraan per jam pada rentang waktu yang ditinjau
(kendaraan/jam)

e_{kr} = ekivalensi kendaraan ringan

Kode, jenis, dan tipikal kendaraan disajikan pada Tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.2. Klasifikasi Jenis Kendaraan

Kode	Jenis Kendaraan	Tipikal Kendaraan
SM	Kendaraan bermotor roda dua dengan panjang maksimum 2,5 m	Sepeda motor, <i>scooter</i> , motor gede
KR	Mobil penumpang, termasuk kendaraan beroda tiga yang memiliki panjang kurang dari sama dengan 5,5 m	Sedan, jeep, <i>station wagon</i> , opelet, minibus, mikrobus, <i>pickup</i> , truk kecil
KS	Bus dan truk 2 sumbu, dengan panjang kurang dari sama dengan 12,0 m	Bus dan truk berukuran sedang
KB	Truk dengan jumlah sumbu lebih dari sama dengan 3 dengan panjang lebih dari 12,0 m	Truk tronton dan truk kombinasi (truk gandeng dan truk tempelan)
KTB	Kendaraan tidak bermotor	Sepeda, becak, dokar, keretek, andong

Sumber : PKJI 2014

Dalam perhitungan kapasitas, diperlukan rasio arus lalu lintas belok kiri (R_{BK_i}) dan rasio lalu lintas belok kanan (R_{BK_a}). Data R_{BK_i} dan R_{BK_a} menggambarkan secara rasional seberapa banyak kendaraan dari suatu pendekat melakukan pergerakan berbelok, baik ke arah kiri maupun kanan, dibandingkan keseluruhan arus lalu lintas pada pendekat tersebut. Perhitungan rasio kendaraan belok kiri dan rasio belok kanan dari Persamaan 2.2 dan Persamaan 2.3 sebagai berikut:

$$R_{BK_i} = \frac{Q_{BK_i}}{\sum Q} \quad (2.2)$$

$$R_{BK_a} = \frac{Q_{BK_a}}{\sum Q} \quad (2.3)$$

(Kedua rasio bernilai sama untuk pendekat terlawan dan terlindung)

Rasio kendaraan tak bermotor (R_{KTB}) merupakan rasio arus kendaraan tidak bermotor (misalkan sepeda) dengan seluruh arus lalu lintas pada suatu pendekat. PKJI 2014 berasumsi bahwa pengaruh kendaraan tidak bermotor sama dengan pengaruh kendaraan ringan sehingga ekivalen kendaraan ringan (ekr) untuk kendaraan tidak bermotor adalah 1,0, dengan pengecualian jika terdapat bukti pendukung bahwa ekr kendaraan tidak bermotor sama dengan 1,0. R_{KTB} merupakan pembagian antara arus kendaraan tak bermotor dengan jumlah arus kendaraan bermotor dan kendaraan tak bermotor yang dihitung menggunakan Persamaan 2.4 sebagai berikut:

$$R_{KTB} = \frac{Q_{KTB}}{Q_{KTB} + Q_{KBT}} \quad (2.4)$$

b. Ekivalen Kendaraan Ringan

Data volume kendaraan yang diperoleh dikonversi ke dalam faktor konversi ekr (ekivalen kendaraan ringan). Ekr merupakan ekivalensi perbandingan dari jalan jenis kendaraan sedang, kendaraan berat dan sepeda motor terhadap kendaraan ringan terkait dengan dampak kendaraan-kendaraan tersebut terhadap kapasitas jalan. Nilai ekr disajikan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.3. Ekivalen Kendaraan Ringan

Tipe kendaraan	ekr	
	Pendekat terlindung	Pendekat terlawan
SM	0,15	0,40
KR	1,00	1,00
KS	1,30	1,30

Sumber : PKJI 2014

Apabila data lalu lintas yang berkualitas kurang baik atau bahkan tidak tersedia, maka nilai baku pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4 dapat digunakan untuk memfasilitasi proses perhitungan sebelum data yang lebih layak tersedia.

Tabel 2.4. Nilai Normal Komposisi Lalu Lintas

Ukuran kota (juta jiwa)	Komposisi kendaraan bermotor (%)			R_{KTB} (%)
	KR	KS	SM	
> 3,0	60,0	4,5	35,5	1,0
1,0 – 3,0	55,5	3,5	41,0	5,0
0,5 – 1,0	40,0	3,0	57,0	14,0
0,1-0,5	63,0	2,5	34,5	5,0
<0,1	63,0	2,5	34,5	5,0

Sumber : PKJI 2014

Tabel 2.5. Nilai Normal Lalu Lintas Umum

Faktor	Nilai Normal
R_{MI} (Rasio arus jalan minor)	0,25
R_{BKl} (Rasio belok-kiri)	0,15
R_{BKk} (Rasio belok-kanan)	0,15
F_{skr} (Faktor ekivalensi)	0,85

Sumber : PKJI 2014

3. Kondisi Lingkungan

Berikut ini dijabarkan kebutuhan data-data terkait kondisi lingkungan.

a. Faktor Koreksi Ukuran Kota (F_{UK})

Untuk mendapat nilai F_{UK} , dibutuhkan data jumlah penduduk (bisa perkiraan karena berupa rentang) dari suatu daerah perkotaan (dalam juta).

Nilai F_{UK} dijabarkan dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.6. Kelas Ukuran Kota

Ukuran Kota	Jumlah Penduduk (Juta Jiwa)
Sangat besar	> 3,0
Besar	1,0 - 3,0
Sedang	0,5 - 1,0
Kecil	0,1 – 0,5
Sangat Kecil	< 0,1

Sumber : PKJI 2014

b. Tipe Lingkungan Jalan

Tipe lingkungan suatu jalan dikategorikan sesuai dengan fungsi tata guna tanah dan aksesibilitas jalan tersebut dari kegiatan di sekitar simpang. Pengelompokan ini ditetapkan secara kualitatif sesuai dengan kriteria seperti yang ditampilkan dalam Tabel 2.6.

Tabel 2.7. Tipe Lingkungan Jalan

Tipe Lingkungan	Kriteria
Komersial	Lahan yang dimanfaatkan sebagai lahan komersial dengan tersedianya akses masuk secara langsung untuk kendaraan maupun pejalan kaki, sebagai contoh perkantoran, pertokoan, dan rumah makan.
Pemukiman	Lahan dimanfaatkan sebagai lahan tempat tinggal dengan tersedianya akses masuk langsung untuk kendaraan maupun pejalan kaki.
Akses terbatas	Lahan dengan akses sangat terbatas atau tanpa akses masuk langsung karena terdapat penghalang fisik atau akses harus melalui jalan samping.

Sumber : PKJI 2014

c. Kelas Hambatan Samping

Hambatan samping merupakan interaksi antara arus lalu lintas dengan kegiatan pada samping jalan dalam suatu simpang yang mengakibatkan menurunnya kapasitas jalan pada pendekat terkait. Hambatan samping ditentukan secara kualitatif ke dalam kategori rendah, sedang, dan tinggi dengan mempertimbangkan kriteria seperti yang disajikan oleh Tabel 2.7.

Tabel 2.8. Kriteria Hambatan Samping

Hambatan Samping	Kriteria
Tinggi	Arus masuk dan keluar pada simpang terhambat dan berkurang karena kegiatan yang dilakukan di samping jalan di sepanjang pendekat, sebagai contoh pejalan kaki, pedagang kaki lima, naik/turun penumpang angkutan umum, serta kendaraan keluar-masuk di samping pendekat.
Sedang	Arus masuk dan keluar simpang sedikit terhambat dan sedikit berkurang karena kegiatan di samping jalan di sepanjang pendekat.
Rendah	Arus masuk dan keluar simpang tidak terhambat dan tidak berkurang oleh adanya kegiatan di samping jalan di sepanjang pendekat.

Sumber : PKJI 2014

4. Kapasitas

a. Lebar Pendekat dan Tipe Simpang

- 1) Penetapan kapasitas dasar (C_0) didasarkan pada tipe simpang, yang diperoleh dari data geometrik. Data geometrik seperti jumlah lengan simpang dan jumlah lajur pada pendekat minor dan pendekat mayor dibutuhkan untuk menentukan tipe simpang. Lebar rata-rata pendekat jalan mayor ($L_{RP\ BD}$) dan lebar rata-rata pendekat jalan minor ($L_{RP\ AC}$)

dihitung terlebih dahulu. Kemudian jumlah lajur pendekat dapat ditentukan sesuai dengan lebar rata-rata pendekat. Tipe simpang dapat ditetapkan sesudah jumlah lajur pada pendekat sudah ditentukan.

Berikut perhitungan lebar rata-rata pendekat mayor (B-D) dan minor (A-C).

a. Dua Lajur untuk Kedua Arah

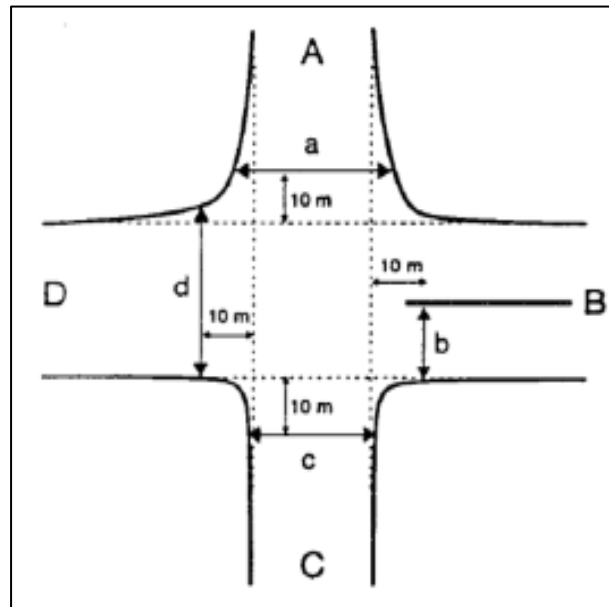
$$L_{RP} BD = \frac{(b+d)}{2} < 5,5 \text{ m}$$

$$L_{RP} AC = \frac{(a+c)}{2} < 5,5 \text{ m}$$

b. Empat Lajur untuk Kedua Arah

$$L_{RP} BD \geq 5,5 \text{ m (Pada lengan B ada median)}$$

$$L_{RP} AC \geq 5,5 \text{ m}$$



Gambar 2.2. Lebar Pendekat

Sumber : PKJI 2014

2) Kode tipe simpang yang terdiri atas 3 angka yang berturut-turut merupakan angka banyaknya lengan simpang, lajur pada jalan minor, dan lajur pada jalan mayor. Klasifikasi kode simpang dapat dipelajari dalam Tabel 2.8.

Tabel 2.9. Kode Tipe Simpang

Kode IT	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 : PKJI 2014

b. Kapasitas Dasar (C_0)

Kondisi ideal simpang merupakan kondisi simpang dengan rata-rata lebar lajur pada pendekat 2,75 m, tanpa median, berjumlah penduduk antara satu hingga tiga juta jiwa, hambatan samping tergolong sedang, R_{BK_i} sebesar 10%, R_{BK_a} sebesar 10%, R_{M_i} sebesar 20%, serta $R_{KTB} = 0$. Kapasitas dasar disajikan dalam Tabel 2.9.

Tabel 2.10. Kapasitas Dasar Berdasarkan Tipe Simpang

Tipe simpang	Kapasitas dasar (skr/jam)
424 atau 444	3400
324 atau 344	3200
422	2900
322	2700

Sumber : PKJI 2014

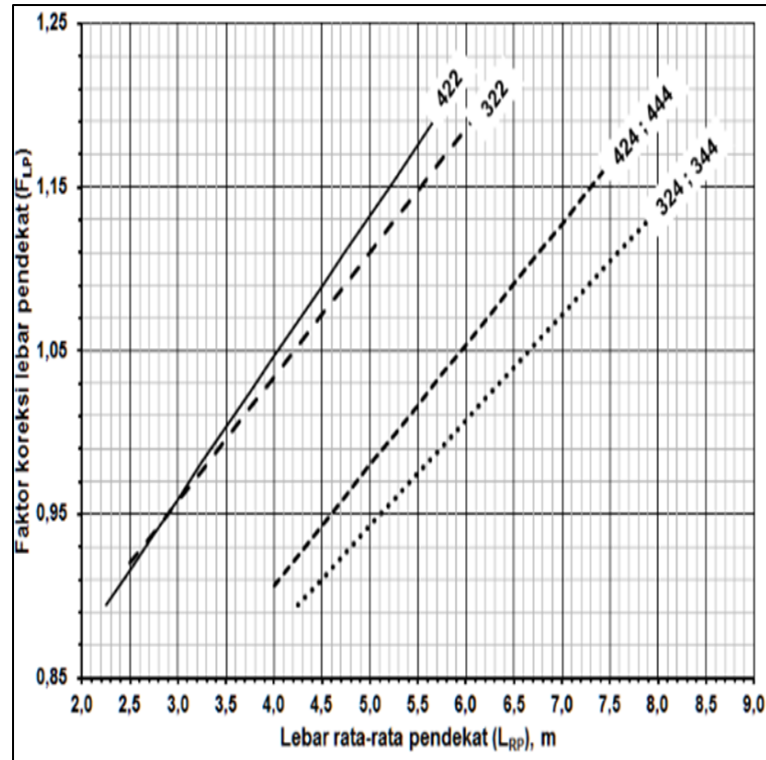
c. Faktor Koreksi Lebar Pendekat Rata-Rata (F_{LP})

Faktor koreksi lebar pendekat rata-rata (F_{LP}) ditetapkan dengan memperhitungkan lebar rata-rata pendekat (L_{RP}) pada simpang . F_{LP} dapat diperoleh dengan persamaan pada Tabel 2.10 atau diagram pada Gambar 2.3.

Tabel 2.11. F_{LP} Berdasarkan Tipe Simpang

Tipe Simpang	Persamaan
422	$F_{LP} = 0,70 + 0,0866 L_{RP}$
424 atau 444	$F_{LP} = 0,62 + 0,0740 L_{RP}$
322	$F_{LP} = 0,70 + 0,0760 L_{RP}$
324 atau 344	$F_{LP} = 0,70 + 0,0646 L_{RP}$

Sumber : PKJI 2014



Gambar 2.3. Faktor Koreksi Lebar Pendekat Rata-Rata (F_{LP})
Sumber : PKJI 2014

d. Faktor Koreksi Median pada Jalan Mayor (F_M)

Median dapat dikatakan lebar asalkan median dapat melindungi kendaraan ringan yang sedang berhenti di tengah area simpang ketika sedang menuju ke suatu pendekat dalam proses pergerakan belok kanan. Oleh karena itu, median diasumsikan lebar jika lebar median ≥ 3 m. Jalan mayor 4 lajur saja yang menggunakan faktor koreksi ini. Faktor koreksi median pada jalan mayor ditentukan dengan data lebar median pada jalan mayor seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.11.

Tabel 2.12. Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama (F_M)

Uraian	Tipe Median	Faktor penyesuaian median, (F_M)
Jalan mayor tanpa median	Tidak ada	1,00
Jalan mayor dengan median < 3 m	Sempit	1,05
Jalan mayor dengan median ≥ 3 m	Lebar	1,20

Sumber : PKJI 2014

e. Faktor Koreksi Ukuran Kota (F_{UK})

Faktor penyesuaian ukuran kota dibedakan berdasarkan populasi penduduk di suatu kota yang nilainya ditentukan seperti pada Tabel 2.12.

Tabel 2.13. Faktor Koreksi Ukuran Kota (F_{UK})

Ukuran kota	Penduduk (juta jiwa)	Faktor koreksi ukuran kota (F_{UK})
Sangat besar	> 3,0	1,05
Besar	1,0 – 3,0	1,00
Sedang	0,5 – 1,0	0,94
Kecil	0,1 – 0,5	0,88
Sangat kecil	< 0,1	0,82

Sumber : PKJI 2014

f. Faktor Koreksi Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{HS})

Faktor koreksi hambatan samping (F_{HS}) merupakan faktor koreksi dengan perpaduan pengaruh tipe lingkungan, hambatan samping, dan arus kendaraan tidak bermotor yang diakibatkan oleh kegiatan di sekitar simpang terhadap kapasitas dasar. F_{HS} diperoleh dalam Tabel 2.13.

Tabel 2.14. Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{HS})

Kelas tipe lingkungan jalan	Kelas hambatan samping	Rasio kendaraan tak bermotor R_{KTB}					
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
Komersial	Tinggi	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	Sedang	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,70
	Rendah	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,71
Permukiman	Tinggi	0,96	0,91	0,86	0,82	0,77	0,72
	Sedang	0,97	0,92	0,87	0,82	0,77	0,73
	Rendah	0,98	0,93	0,88	0,83	0,78	0,74
Akses terbatas	Tinggi/sedang/rendah	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

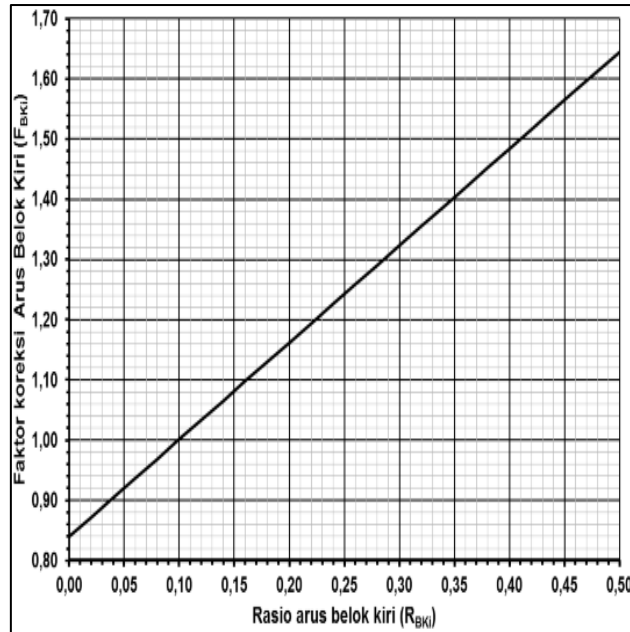
Sumber : PKJI 2014

Persamaan 2.5 dapat digunakan untuk menghitung F_{HS} jika peneliti memiliki dasar yang cukup untuk menyatakan bahwa kendaraan tak bermotor yang ditinjau memiliki nilai ekr tidak sama dengan 1,0.

$$F_{HS} (R_{KTB} \text{ sesungguhnya}) = F_{HS} (R_{KTB} = 0) \times (1 - R_{KTB} \times ekr_{KTB}) \quad (2.5)$$

g. Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kiri (F_{BKi})

Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kiri (F_{BKi}) ditentukan menggunakan rasio arus belok kiri (R_{BKi}), yang ditentukan menggunakan Gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4. Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kiri (F_{BKi})

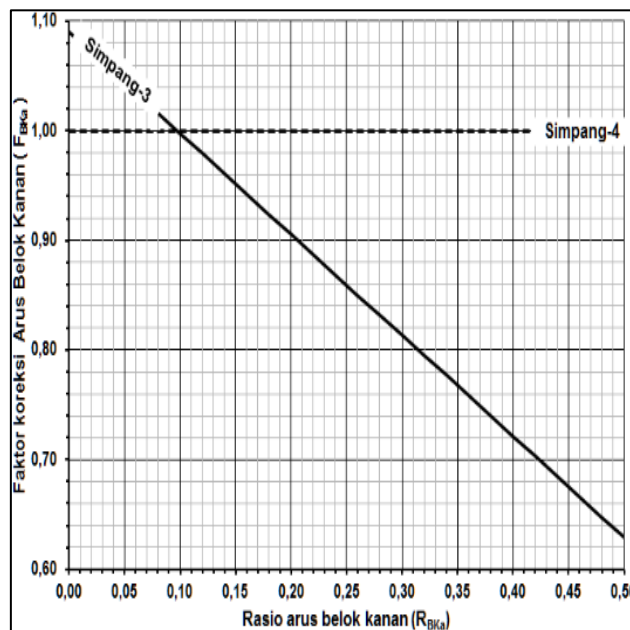
Sumber : PKJI 2014

F_{BKi} dapat dikalkulasikan menggunakan Persamaan 2.6 di bawah ini:

$$F_{BKi} = 0,84 + 1,61 R_{BKi} \quad (2.6)$$

h. Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kanan (F_{BKa})

Gambar 2.5 dapat digunakan untuk menentukan nilai faktor koreksi belok kanan. Data masukan yang digunakan yaitu rasio arus belok kanan (R_{BKa}).



Gambar 2.5. Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kanan (F_{BKa})

Sumber : PKJI 2014

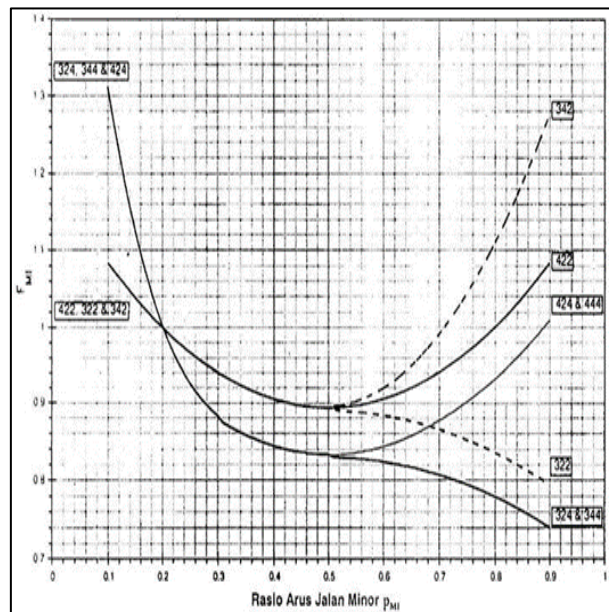
F_{BKa} , untuk simpang 3, dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.7 sebagai berikut:

$$F_{Bki} = 1,09 - 0,922 R_{BKa} \quad (2.7)$$

i. Faktor Koreksi Rasio Arus Jalan Minor (F_{MI})

Faktor koreksi rasio arus jalan minor dapat ditentukan secara grafis dari gambar 2.6 di bawah atau menggunakan persamaan-persamaan pada Tabel 2.14. Data masukan yang digunakan adalah rasio arus pada jalan minor (R_{MI}) dan tipe simpang yang dihitung memakai Persamaan 2.8 berikut ini:

$$R_{MI} = \frac{Q_{KTB}}{Q_{KTB} + Q_{KBT}} \quad (2.8)$$



Gambar 2.6. Faktor Koreksi Rasio Arus Jalan Minor (F_{MI})

Sumber : PKJI 2014

Tabel 2.15. Faktor Penyesuaian Arus Jalan Minor (F_{MI})

IT	F_{MI}	R_{MI}
422	$1,19 \times R_{MI}^2 - 1,19 \times R_{MI} + 1,19$	0,1-0,9
424	$16,6 \times R_{MI}^4 - 33,5 \times R_{MI}^3 + 25,3 \times R_{MI}^2 - 8,6 \times R_{MI} + 1,95$	0,1-0,3
444	$1,11 \times R_{MI}^2 - 1,11 \times R_{MI} + 1,11$	0,3-0,9
322	$1,19 \times R_{MI}^2 - 1,19 \times R_{MI} + 1,19$	0,1-0,5
	$-0,595 \times R_{MI}^2 + 0,595 \times R_{MI}^3 + 0,74$	0,5-0,9
324	$16,6 \times R_{MI}^4 - 33,3 \times R_{MI}^3 + 25,3 \times R_{MI}^2 - 8,6 \times R_{MI} + 1,95$	0,1-0,3
344	$1,11 \times R_{MI}^2 - 1,11 \times R_{MI} + 1,11$	0,3-0,5
	$-0,555 \times R_{MI}^2 + 0,555 \times R_{MI} + 0,69$	0,5-0,9

Sumber : PKJI 2014

j. Kapasitas

Kapasitas merupakan kapasitas dasar (C_0) yang dikoreksi oleh faktor-faktor koreksi. Kapasitas dasar adalah kapasitas jalan pada kondisi ideal.

Dengan kata lain, kapasitas merupakan perbedaan arus masuk maksimum yang dapat dipertahankan suatu simpang selama setidaknya satu jam dalam kondisi eksisting.

Bentuk model persamaan kapasitas (C) pada Persamaan 2.9 di bawah ini:

$$C = C_0 \times F_{LP} \times F_M \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \times F_{R_{mi}} \quad (2.9)$$

Variabel-variabel masukan yang digunakan persamaan kapasitas di atas disajikan pada Tabel 2.15 berikut ini:

Tabel 2.16. Ringkasan Variabel-Variabel Masukkan Model Kapasitas

Variabel	Keterangan
C	Kapasitas simpang (skr/jam)
C ₀	Kapasitas dasar simpang (skr/jam)
F _{LP}	Faktor koreksi lebar rata-rata pendekat
F _M	Faktor koreksi tipe median
F _{UK}	Faktor koreksi ukuran kota
F _{HS}	Faktor koreksi hambatan samping
F _{BK_i}	Faktor koreksi rasio arus belok kiri
F _{BK_a}	Faktor koreksi rasio arus belok kanan
F _{R_{mi}}	Faktor koreksi rasio arus dari jalan minor

Sumber : PKJI 2014

5. Perilaku Lalu Lintas

a. Derajat Kejenuhan

Derajat Kejenuhan (D_J) adalah rasio perbandingan antara arus lalu lintas yang masuk ke simpang (Q) dengan kapasitas simpang (C). D_J dihitung Persamaan 2.10 berikut ini:

$$D_J = Q/C \quad (2.10)$$

Dimana :

Q = Jumlah arus lalu lintas (skr/jam)

C = Kapasitas (skr/jam)

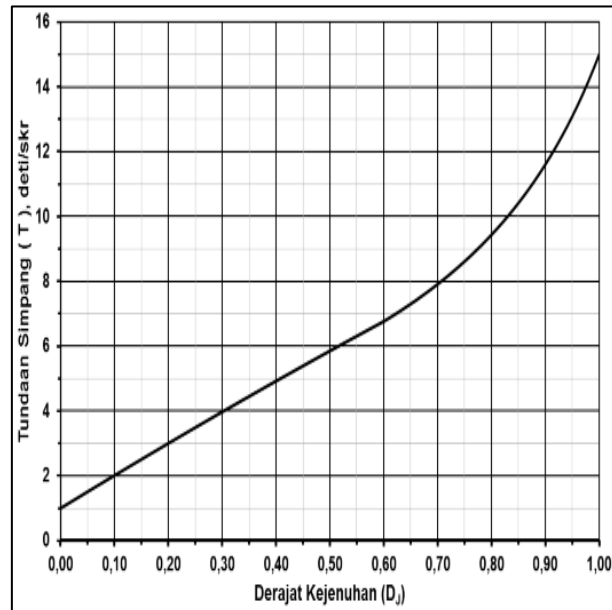
b. Tundaan

Penyebab terjadinya tundaan ada dua, yakni tundaan lalu lintas (T_{LL}) dan tundaan geometrik (T_G). T_{LL} merupakan tundaan yang timbul akibat interaksi antar arus kendaraan dalam suatu lalu lintas. T_G adalah tundaan yang timbul akibat perubahan antara percepatan dan perlambatan yang terganggu ketika kendaraan-kendaraan berbelok pada suatu simpang dan/atau terhenti.

1) Tundaan Lalu Lintas Rata-Rata (T_{LL})

Tundaan lalu lintas rata-rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk-

simpang dari semua pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.11 dan 2.12 atau ditentukan dari kurva pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Tundaan Lalu Lintas Simpang sebagai Fungsi dari D_j
Sumber : PKJI 2014

Untuk $D_j \leq 0,60$:

$$T_{LL} = 2 + 8,2078 D_j - (1 - D_j)^2 \quad (2.11)$$

Untuk $D_j > 0,60$:

$$T_{LL} = \frac{1,0504}{(0,2742 - 0,2042 D_j)} - (1 - D_j)^2 \quad (2.12)$$

2) Tundaan Lalu Lintas Jalan Mayor (T_{LLMA})

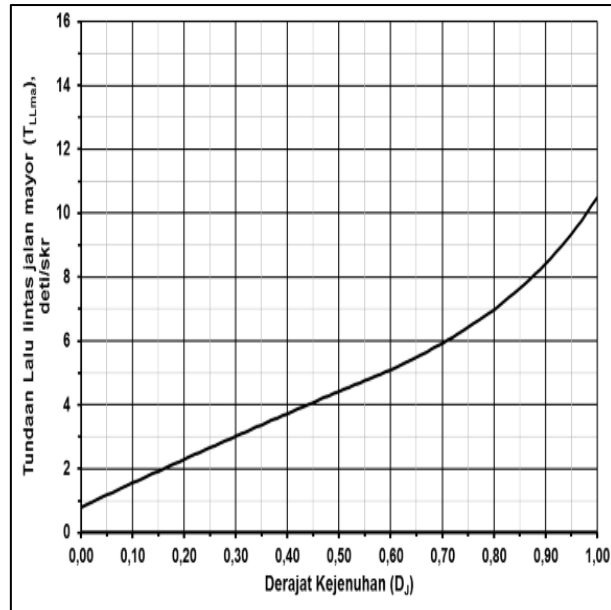
Tundaan lalu-lintas jalan mayor merupakan tundaan lalu lintas rata-rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk simpang dari pendekat mayor. T_{LLMA} dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.13 dan 2.14 atau ditentukan dari kurva pada Gambar 2.8.

Untuk $D_j \leq 0,60$:

$$T_{LLMA} = 1,8000 + 5,8234 D_j - (1 - D_j)^2 \quad (2.13)$$

Untuk $D_j > 0,60$:

$$T_{LLMA} = \frac{1,0503}{(0,3460 - 0,2460 D_j)} - (1 - D_j)^2 \quad (2.14)$$



Gambar 2.8. Tundaan Lalu Lintas Jalan Mayor sebagai Fungsi dari D_j

Sumber : PKJI 2014

3) Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (T_{LLMI})

Tundaan lalu lintas untuk jalan minor (T_{LLMI}) merupakan tundaan lalu lintas rata-rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk simpang dari pendekat minor yang ditentukan menggunakan T_{LL} dan T_{LLma} . T_{LLMI} dihitung menggunakan Persamaan 2.15.

$$T_{LLMI} = \frac{\sum Q \times T_{LL} - q_{ma} \times T_{LLMA}}{q_{mi}} - (1 - D_j)^2 \quad (2.15)$$

Keterangan:

q_{TOT} = Jumlah arus masuk simpang (skr/jam)

q_{ma} = Jumlah arus masuk simpang dari pendekat mayor (skr/jam)

q_{mi} = Jumlah arus masuk simpang dari pendekat minor (skr/jam)

4) Tundaan Geometrik Simpang (T_G)

Tundaan geometrik simpang adalah tundaan geometrik rata-rata seluruh Simpang, dapat diperkirakan menggunakan Persamaan 2.16 dan 1.7 berikut:

Untuk $D_j < 1,0$:

$$T_G = (1 - D_j) \times (6 \times R_B + (1 - R_B) \times 3) + D_j \times 4 \quad (2.16)$$

Untuk $D_j \geq 1,0$:

$$T_G = 4 \quad (2.17)$$

Dimana:

T_G = Tundaan geometrik simpang (detik/skr)

D_J = Derajat kejenuhan

R_B = Rasio arus belok total

5) Tundaan Simpang (T)

Tundaan simpang dihitung dalam Persamaan 2.18 sebagai berikut :

$$T = T_{LL} + T_G \quad (2.18)$$

Dimana:

T_G = Tundaan geometrik simpang (detik/skr)

T_{LL} = Tundaan lalu-lintas simpang (detik/skr)

c. Peluang Antrian (P_A)

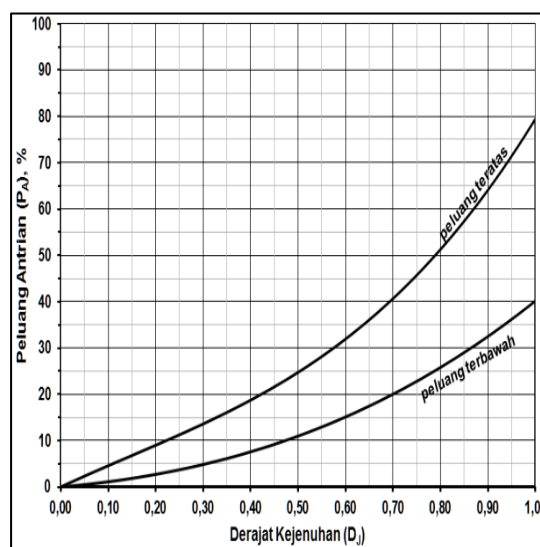
Peluang antrian (P_A) adalah kemungkinan antrian kendaraan di sepanjang suatu pendekat dapat terjadi. P_A dinyatakan dalam rentang persentase (%). P_A ditentukan menggunakan variabel masukan derajat kejenuhan dalam persamaan maupun grafik (lihat Gambar 2.9). P_A merupakan rentang kemungkinan dengan batas atas dan batas bawah yang ditentukan dengan Persamaan 2.19 dan Persamaan 2.20.

(1) Batas atas

$$P_A = 47,71D_J - 24,68D_J^2 + 56,47D_J^3 \quad (2.19)$$

(2) Batas bawah

$$P_A = 9,02D_J - 20,66D_J^2 + 10,49D_J^3 \quad (2.20)$$



Gambar 2.9. Peluang Antrian (P_A ,%) pada Simpang sebagai Fungsi dari Derajat Kejenuhan (D_J)

Sumber : PKJI 2014

d. Penilaian Perilaku Lalu Lintas

Evaluasi perilaku lalu lintas membantu peneliti untuk menentukan kebutuhan terhadap alternatif perbaikan kinerja, salah satunya perencanaan desain Simpang baru agar didapatkan kinerja lalu lintas yang ingin dicapai. Penilaian hasil evaluasi perilaku lalu lintas yang paling cepat ialah dengan membandingkan nilai D_J pada kondisi yang sedang diteliti dengan kondisi lalu lintas eksisting pada periode yang ditinjau. Perencanaan perbaikan kinerja lalu lintas, seperti perubahan desain yang berkaitan dengan geometri simpang, perlu untuk dilakukan apabila nilai D_J yang diperoleh dinilai terlalu tinggi, misalkan $D_J > 0,85$.

2.2.2. Prosedur Perhitungan Simpang APILL

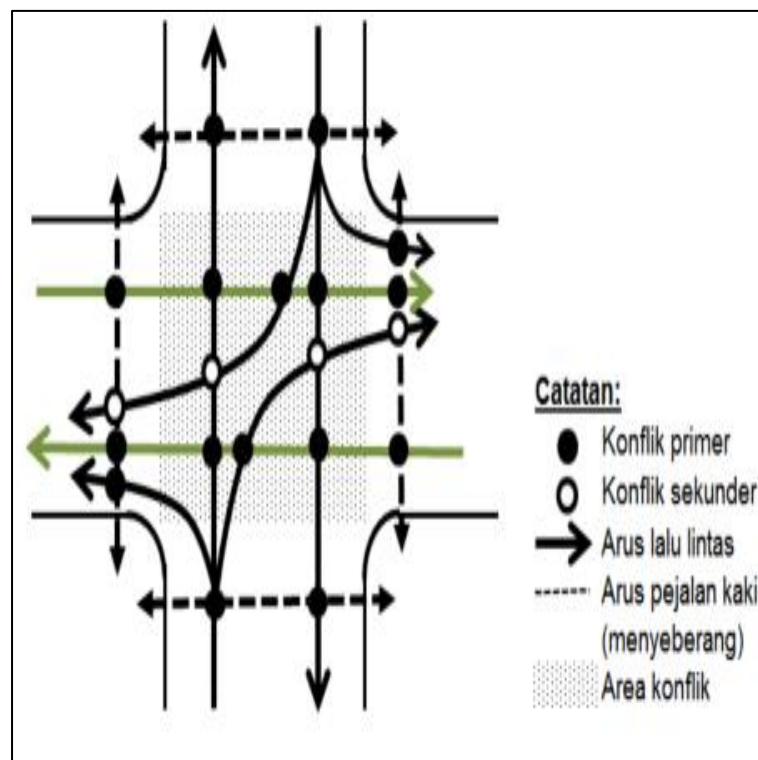
1. Prinsip

Simpang APILL dimanfaatkan dengan tujuan untuk menjaga kapasitas simpang pada periode jam puncak serta meminimalisir terjadinya kecelakaan yang ditimbulkan akibat pergerakan antara kendaraan-kendaraan yang arahnya saling berlawanan. Pada dasarnya, simpang APILL digunakan untuk menekan seluruh konflik pada simpang, baik konflik primer maupun konflik sekunder. Konflik primer merupakan perpotongan dua arus lalu lintas pada suatu titik dalam suatu simpang, sedangkan konflik sekunder adalah perpotongan arus akibat arus lurus yang berpotongan dengan arus berbelok atau pejalan kaki yang menyeberang pada suatu titik dalam suatu simpang, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.10.

Arus yang berangkat dari suatu pendekat dapat memiliki arus terlawan dan arus terlindung pada fase yang berbeda untuk meningkatkan kapasitas. Hal ini dapat dilakukan khusus untuk kondisi arus belok kanan pada lengan pendekat yang berlawanan arah tergolong sangat tinggi sehingga dapat mengurangi kapasitas dan/atau menurunkan tingkat keselamatan lalu lintas di simpang. Pada pendekat dengan arus terlawan, pemisahan antara pergerakan arus lurus dengan arus belok kanan dapat dilakukan namun

dengan resiko bertambahnya jumlah fase yang berdampak pada penurunan kapasitas.

Isyarat lampu kuning dan merah semua pada simpang APILL harus dilengkapi untuk memenuhi aspek keselamatan. Isyarat lampu kuning digunakan untuk memberi peringatan terhadap kendaraan-kendaraan dalam proses pergerakan melintasi simpang bahwa waktu isyarat hijau telah berakhir. Isyarat lampu merah semua disediakan agar tersedia waktu yang cukup bagi kendaraan terakhir pada waktu isyarat lampu hijau yang baru saja berakhir untuk keluar dari area konflik sebelum kendaraan pertama pada fase setelahnya masuk ke dalam area simpang. Waktu yang disediakan oleh isyarat merah semua ini berperan sebagai waktu untuk mengosongkan area simpang antara dua fase dalam suatu siklus.



Gambar 2.10. Konflik Primer dan Konflik Sekunder pada Simpang APILL 4 Lengan

Sumber : PKJI 2014

2. Perencanaan Simpang APILL

Pada dasarnya, diselaraskannya waktu isyarat dengan geometri simpang supaya kinerja lalu lintas yang ditargetkan dapat tercapai adalah tujuan analisis desain dan operasional simpang APILL. Kinerja lalu lintas dapat

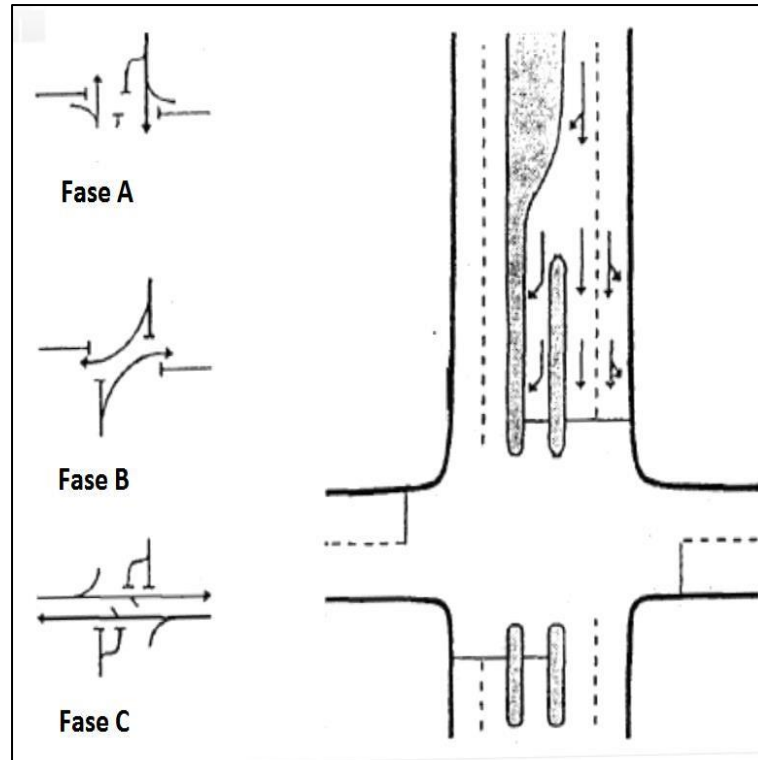
dianalisis dari dua parameter, yakni tundaan (T) dan derajat kejenuhan (D_J). Derajat kejenuhan yang terlalu tinggi akan menimbulkan kepadatan pada simpang. Simpang dengan tundaan simpang yang tinggi cenderung memiliki gas buang dan atau kebisingan yang lebih tinggi akibat percepatan atau perlambatan kendaraan dan saat kendaraan berhenti. Oleh karena itu, perencanaan disarankan menghasilkan pengaturan isyarat yang efisien.

Tabel 2.17. Pertimbangan Keselamatan dalam Pemilihan Tipe Simpang

No.	Tipe/Jenis Persimpangan	Keterangan
1.	Laka pada simpang	0,60 laka/10 ⁶ kend
	Laka pada simpang APILL	0,43 laka/10 ⁶ kend
	Laka pada simpang bundaran	0,30 laka/10 ⁶ kend
2.	Laka pada simpang 3 T dibandingkan dengan simpang 4	40% lebih rendah
3.	Laka pada simpang Y dibandingkan dengan simpang 3T	15-50% lebih tinggi
4.	Laka pada median pada jalan mayor	Berkurang sedikit
5.	Tingkat laka pada pengaturan mendahulukan kendaraan dari arah lain (<i>yield</i>) dibandingkan dengan memprioritaskan dari arah kiri	Lebih rendah dari 60%
6.	Tingkat laka pada pengaturan dengan tanda <i>stop</i> dibandingkan dengan tanda <i>yield</i>	Lebih rendah dari 40%
7.	Tingkat laka simpang APILL dibandingkan simpang	Lebih rendah dari 20-50%

Sumber : PKJI 2014

- a. Kondisi Geometrik Pengaturan Lalu Lintas dan Kondisi Lingkungan
 Persimpangan merupakan pertemuan dua atau lebih jalan yang sebidang, termasuk tipe jalan 2/2TT, tipe jalan 4/2T, tipe jalan 6/2T, tipe jalan 8/2T, atau kombinasi dari tipe-tipe jalan tersebut. Analisis kapasitas untuk setiap pendekat dilakukan secara terpisah. Untuk masing-masing pendekat atau subpendekat, lebar efektif (L_E) ditetapkan dengan meninjau lebar pendekat pada bagian masuk dan bagian keluar simpang. Pendekat dan subpendekat dengan bentuk-bentuk fasenya diilustrasikan dalam Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Pendekat dan Subpendekat
Sumber : PKJI 2014

b. Kondisi Arus Lalu Lintas

Data lalu lintas yang digunakan untuk melakukan perencanaan isyarat APILL berupa data arus lalu lintas simpang yang serupa dengan data arus lalu lintas pada simpang.

c. Penggunaan Sinyal

1) Penentuan Fase Sinyal

Penentuan fase sinyal sebaiknya diawali dari pengaturan dua fase karena menghasilkan kapasitas yang lebih besar dan tundaan rata-rata lebih rendah dibandingkan tipe fase sinyal lain. Peningkatan jumlah fase dapat dilakukan dengan berbagai pertimbangan, seperti evaluasi arus belok kanan.

2) Penggunaan Isyarat

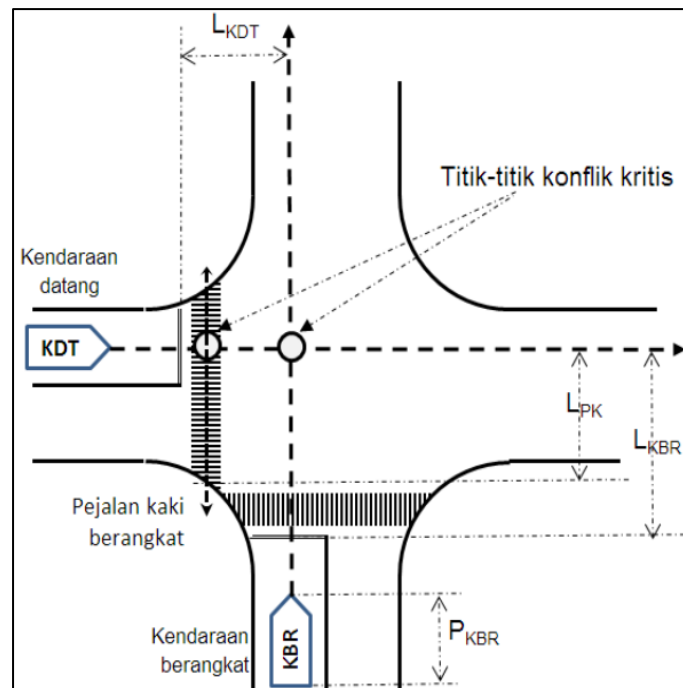
Pengaturan arus belok kanan yang terpisah hanya dilakukan bila arusnya melebihi 200 skr/jam atau untuk peningkatan keselamatan lalu lintas. Nilai normal antar hijau A_H dapat menggunakan nilai seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.17 berikut ini.

Tabel 2.18. Nilai Normal Waktu Antar Hijau

Ukuran Simpang	Lebar jalan rata-rata (m)	Nilai normal waktu antar hijau A_H (detik/fase)
Besar	$L \geq 15$	4
Sedang	$15 > L \geq 10$	5
Kecil	$10 > L \geq 6$	≥ 6

Sumber : PKJI 2014

Isyarat lampu merah semua (M_{semua}) dibutuhkan karena kendaraan terakhir yang melintasi garis henti pada akhir isyarat kuning membutuhkan waktu untuk dapat keluar dari area konflik pada simpang. Titik konflik beserta jarak antara keberangkatan dan kedatangan pada simpang 4 lengan diilustrasikan dalam Gambar 2.12.



Gambar 2.12. Titik Konflik dan Jarak untuk Keberangkatan dan Kedatangan

Sumber : PKJI 2014

Titik yang memberikan waktu merah semua paling tinggi disebut titik konflik kritis. M_{semua} per fase yang digunakan adalah yang paling besar dari kendaraan berangkat dan pejalan kaki. Perhitungan M_{semua} menggunakan Persamaan 2.21 berikut ini.

$$M_{\text{semua}} = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} \frac{(L_{KBR} + P_{KBR})}{V_{KBR}} - \frac{L_{KDT}}{V_{KDT}} \\ \frac{L_{pk}}{V_{pk}} \end{array} \right. \quad (2.21)$$

Dimana :

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

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

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

Berikut adalah nilai normal untuk V_{KBR} , V_{KDT} , dan P_{KBR} .

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 (KR atau KB)

= 2 m (SM atau KTB)

Isyarat lampu kuning simpang APILL di perkotaan di Indonesia umumnya berlangsung selama 3 detik. Waktu hijau hilang total (H_H) untuk simpang di setiap siklus dapat dikalkulasikan menggunakan Persamaan 2.22 :

$$H_H = \sum (M_{SEMUA} + KUNING)_i \quad (2.22)$$

d. Penentuan Waktu Sinyal

1) Tipe Pendekat

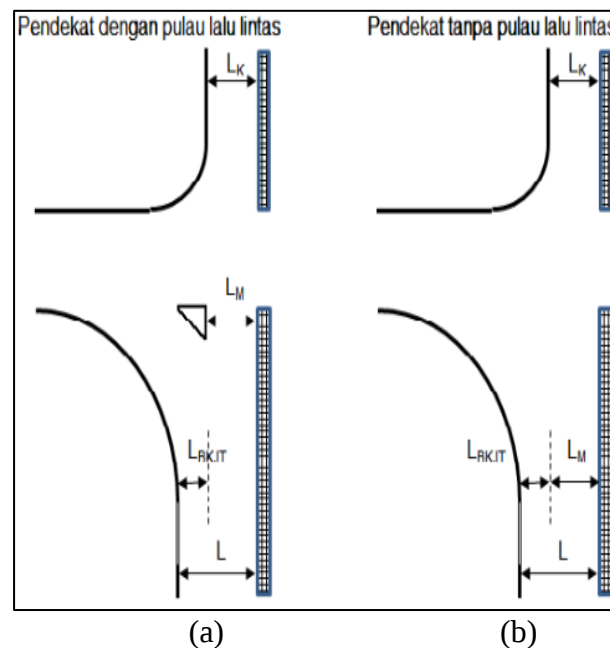
Pada pendekat berarus lalu lintas berangkat pada fase yang berbeda, kapasitas dianalisis pada tiap fase pendekat secara terpisah, sebagai contoh arus lurus dan belok kanan dengann lajur terpisah. Pendekat dengan tipe pendekat yang berbeda (terlindung atau terlawan) harus dianalisis secara terpisah sesuai ketentuan-ketentuan masing-masing. Penentuan tipe pendekat dapat sesuai dengan pengaturan pada pendekat dapat dilihat pada Gambar 2.13.

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, belok kanan dibatasi	
Terlawan (Tipe O)	Arus berangkat konflik dengan arus dari arah yang berlawanan	Jalan dua arah, fase untuk masing-masing arah terpisah	Jalan dua arah, fase untuk masing-masing arah terpisah	
		Jalan dua arah, arus berangkat dari arah yang berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak dibatasi	Jalan dua arah, arus berangkat dari arah yang berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak dibatasi	

Gambar 2.13. Penentuan Tipe Pendekat
Sumber: PKJI 2014

2) Lebar Pendekat Efektif

Lebar efektif (L_E) suatu pendekat dapat ditentukan dengan menggunakan lebar ruas pendekat (L), lebar masuk (L_M), dan lebar keluar (L_K). Pendekat yang difasilitasi dengan pulau lalu lintas diilustrasikan dalam Gambar 2.14 (a), sedangkan pendekat yang tidak difasilitasi pulau lalu lintas diilustrasikan dalam Gambar 2.14. (b).



Gambar 2.14. Pendekat dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas
Sumber : PKJI 2014

- 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:

Langkah 1 : Arus yang dihitung selanjutnya adalah $q = q_{LRS} + q_{Bka}$

$$L_E = \text{Min} \begin{cases} L - L_{BKijT} \\ L_M \end{cases}$$

Langkah 2 : 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} .

- b) Jika $L_{BKijT} < 2m$, maka arus kendaraan B_{KijT} dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan selama isyarat merah. L_E ditetapkan sebagai berikut:

Langkah 1 : Sertakan q_{KijT} pada perhitungan selanjutnya.

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

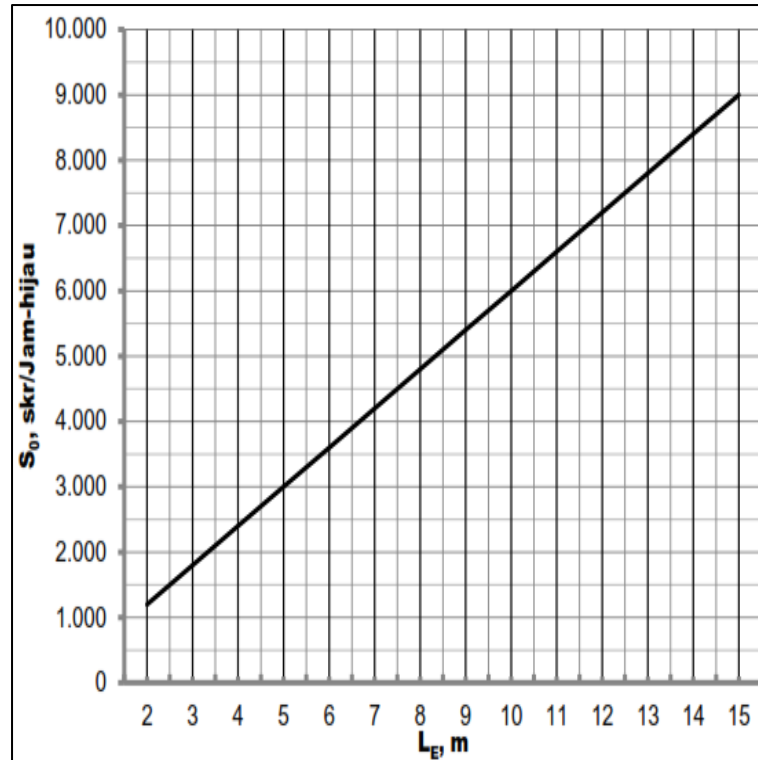
Langkah 2 : Untuk pendekat tipe P, jika $L_K < L_M \times (1 - R_{Bka} - R_{BKijT})$, maka $L_E = L_K$ dan analisis penentuan waktu isyarat untuk pendekat ini didasarkan hanya bagian lalu lintas yang lurus saja yaitu q_{LRS} .

e. Arus Jenuh Dasar

Penentuan arus jenuh dasar (S_0) pada pendekat terlindung seperti pada Persamaan 2.23 dan Gambar 2.15 di bawah ini :

$$S_0 = 600 \times L_e \quad (2.23)$$

Arus jenuh pada pendekat tipe O diperoleh dari grafik arus jenuh dasar pada lampiran B. Data masukan yang dibutuhkan adalah arus belok kanan, arus belok kanan melawan, dan lebar efektif pendekat. Interpolasi dapat dilakukan apabila dibutuhkan.



Gambar 2.15. Arus Jenuh Dasar untuk Pendekat Tipe P
Sumber : PKJI 2014

f. Faktor Penyesuaian

- 1) Faktor penyesuaian ukuran kota ditentukan dari Tabel 2.18 sebagai berikut.

Tabel 2.19. Faktor Penyesuaian Ukuran (FUK)

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 : PKJI 2014

- 2) Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

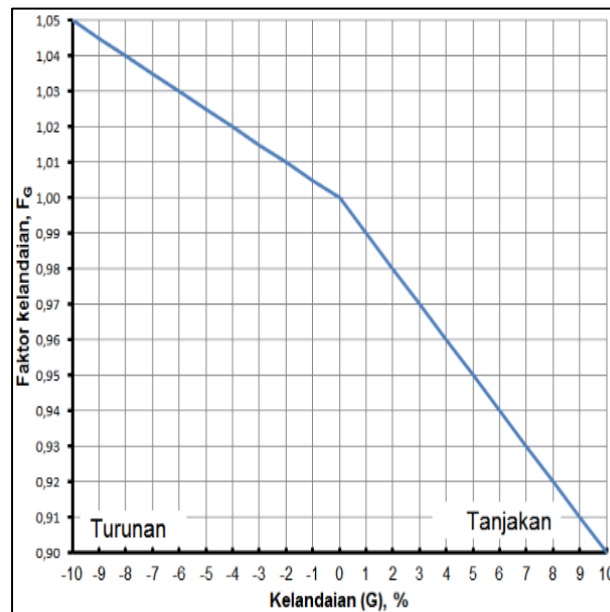
Faktor penyesuaian hambatan samping sebagai fungsi dari jenis lingkungan jalan, tingkat hambatan samping, dan rasio kendaraan tak bermotor ditetapkan menggunakan Tabel 2.19. Hambatan samping dapat diasumsikan tinggi apabila data tidak lengkap agar kapasitas tidak terlalu tinggi.

Tabel 2.20. Faktor Penyesuaian Untuk Tipe Lingkungan Simpang, Hambatan Samping, dan Kendaraan Tak Bermotor (FHS)

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe fase	Rasio Kendaraan tak Bermotor					
			0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25
Komersial (KOM)	Tinggi	O	0.93	0.88	0.84	0.79	0.74	0.70
		P	0.93	0.91	0.88	0.87	0.85	0.81
	Sedang	O	0.94	0.89	0.85	0.80	0.75	0.71
		P	0.94	0.92	0.89	0.88	0.86	0.82
	Rendah	O	0.95	0.90	0.86	0.81	0.76	0.72
		P	0.95	0.93	0.90	0.89	0.87	0.83
Permukiman (KIM)	Tinggi	O	0.96	0.91	0.86	0.81	0.78	0.72
		P	0.96	0.94	0.92	0.89	0.86	0.84
	Sedang	O	0.97	0.92	0.87	0.82	0.79	0.73
		P	0.97	0.95	0.93	0.90	0.87	0.85
	Rendah	O	0.98	0.93	0.88	0.83	0.80	0.74
		P	0.98	0.96	0.94	0.91	0.88	0.86
Akses Terbatas		O	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75
		P	1.00	0.98	0.95	0.93	0.90	0.88

Sumber : PKJI 2014

- 3) Faktor penyesuaian akibat kelandaian jalur pendekat ditentukan dari Gambar 2.16 sebagai fungsi dari kelandaian (F_G).



Gambar 2.16. Faktor Penyesuaian Untuk Kelandaian (F_G)

Sumber : PKJI 2014

- 4) Faktor penyesuaian akibat gangguan kendaraan parkir pada jalur pendekat

F_p tidak diterapkan apabila lebar efektif ditetapkan oleh lebar keluar. Faktor ini berlaku juga untuk panjang lajur belok kiri terbatas.

F_p diperoleh menggunakan Gambar 2.17 atau dari Persamaan 2.24:

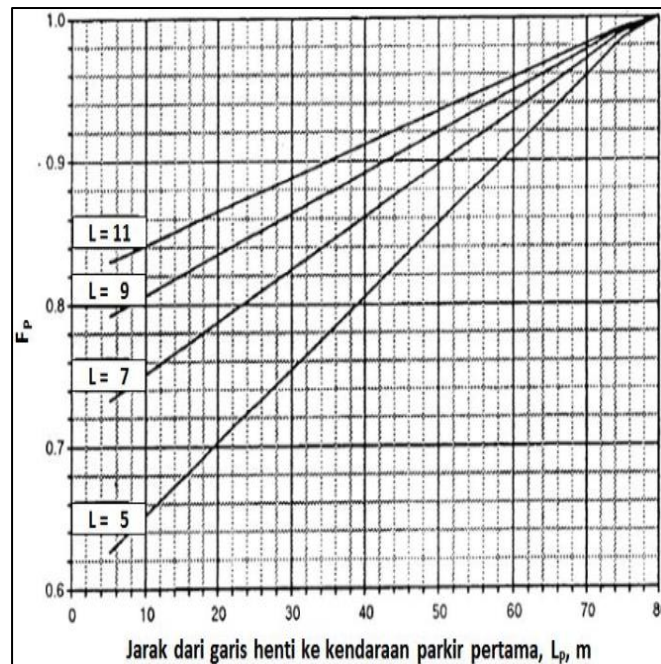
$$F_p = \frac{\frac{L_p}{3} - \frac{(L-2) \times (\frac{L_p}{3} - g)}{L}}{H} \quad (2.24)$$

Dimana:

L_p = Jarak antara garis henti dan kendaraan yang di parkir pertama pada lajur belok kiri atau panjang dari lajur belok kiri yang pendek (m)

L = Lebar pendekat (m)

g = Waktu hijau pada pendekat yang ditinjau (nilai normal 26 detik)



Gambar 2.17. Faktor Penyesuaian Untuk Pengaruh Parkir (F_p)

Sumber : PKJI 2014

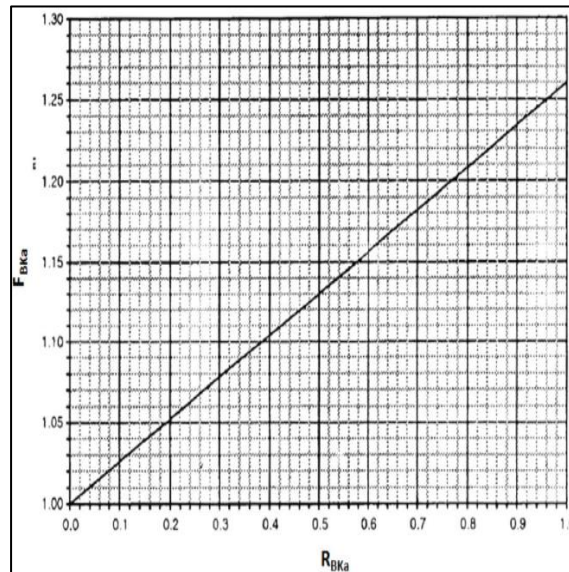
- 5) Faktor penyesuaian akibat lalu lintas belok kanan khusus untuk pendekat tipe P (F_{BKa})

Faktor penyesuaian belok kanan (F_{BKa}) dapat ditentukan menggunakan Persamaan 2.25 atau Gambar 2.18 sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan (R_{BKa}). Faktor ini hanya berlaku untuk pendekat tipe P yang tidak memiliki median dengan tipe jalan dua arah dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

$$F_{BKa} = 1,0 + R_{BKa} \times 0,26 \quad (2.25)$$

Kendaraan belok kanan dari arus berangkat terlindung pada pendekat tipe P dan tanpa median cenderung memotong garis tengah jalan sebelum melewati garis henti ketika menyelesaikan gerakan

membelok sehingga dapat menyebabkan rasio belok kanan yang tinggi pada arus jenuh.

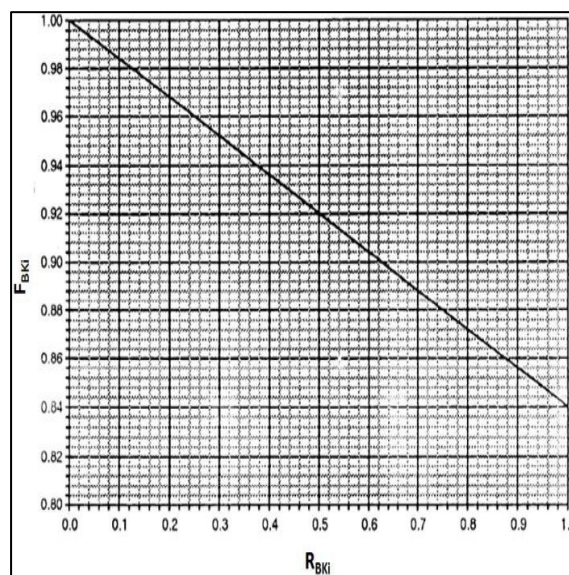


Gambar 2.18. Faktor Penyesuaian Untuk Belok Kanan (F_{BKa})
Sumber : PKJI 2014

6) Faktor penyesuaian belok kiri khusus untuk pendekat tipe P (F_{BKl})

Faktor penyesuaian belok kiri (F_{BKl}) dihitung sebagai fungsi dari rasio belok kiri. Faktor ini berlaku untuk pendekat tipe P tanpa B_{KJT} dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Faktor ini dapat diperoleh dari Gambar 2.19 atau dihitung dengan Persamaan 2.26 berikut:

$$F_{LT} = 1,0 - P_{LT} \times 0,16 \quad (2.26)$$



Gambar 2.19. Faktor Penyesuaian Untuk Pengaruh Belok Kiri (F_{BKl})
Sumber : PKJI 2014

7) Menghitung nilai arus jenuh yang disesuaikan

Arus jenuh (S , skr/jam) merupakan nilai arus jenuh dasar (S_0) yang dikalikan dengan faktor-faktor penyesuaian sebagai bentuk penyesuaian penyimpangan kondisi eksisting terhadap kondisi ideal. S dirumuskan oleh persamaan 2.27 berikut ini:

$$S = S_0 \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_G \times F_P \times F_{BKa} \times F_{BKl} \quad (2.27)$$

Dimana:

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_{BKa} = Faktor penyesuaian S_0 akibat arus lalu lintas yang membelok ke kanan

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

Berikut ini adalah metode untuk menentukan arus jenuh pada pendekat tipe O untuk arus Q_{BKa} , $Q_{BKa,O}$, atau keduanya yang melebihi 250 skr/jam:

Lajur belok kanan tidak terpisah

1) Jika $Q_{BKa,O} > 250$ skr/jam, maka:

a) $Q_{BKa} < 250$:

(1) Tentukan $S_{BKa,O}$ pada $Q_{BKa,O} = 250$

(2) Hitung S sesungguhnya sebagai

$$S = S_{BKa,O} - \{ (Q_{BKa,O} - 250) \times 8 \} \quad (2.28)$$

b) $Q_{BKa} > 250$:

(1) Tentukan $S_{BKa,O}$ pada $Q_{BKa,O}$ dan $Q_{BKa} = 250$

(2) Hitung S sesungguhnya sebagai

$$S = S_{BKa,O} - \{ (Q_{BKa,O} + Q_{BKa} - 500) \times 2 \} \quad (2.29)$$

2) Jika $Q_{BKa,O} < 250$ dan $Q_{BKa} > 250$ skr/jam, maka tentukan S seperti pada $Q_{BKa} = 250$

Lajur belok kanan terpisah

1) Jika $Q_{BKa,O} > 250$ skr/jam, maka:

a) Tentukan S dari gambar 2.17 hingga 2.25 dengan ekstrapolasi jika $Q_{BKa} < 250$.

b) Tentukan $S_{BKa,O}$ pada $Q_{BKa,O}$ dan $Q_{BKa} = 250$ jika $Q_{BKa} > 250$

2) Jika $Q_{BKa,O} < 250$ dan $Q_{BKa} > 250$ skr/jam, maka tentukan S seperti pada Lampiran B dengan ekstrapolasi.

g. Rasio Arus atau Rasio Arus Jenuh

$R_{Q/S}$ dihitung menggunakan Persamaan 2.30:

$$R_{Q/S} = \frac{Q}{S} \quad (2.30)$$

Tandai $R_{Q/S}$ tertinggi di masing-masing fase dengan tanda kritis ($R_{Q/S \text{ kritis}}$) kemudian hitung rasio arus simpang (R_{AS}) dengan Persamaan 2.31:

$$R_{AS} = \sum_i (R_{Q/S \text{ Kritis}})_i \quad (2.31)$$

Rasio Fase (R_F) dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.32.

$$R_F = \frac{R_{Q/S}}{R_{AS}} \quad (2.32)$$

h. Waktu Siklus dan Waktu Hijau

1) Waktu siklus sebelum penyesuaian

Waktu isyarat terdiri dari waktu siklus (c) dan waktu hijau (H). Waktu siklus untuk sistem kendali tetap dapat ditentukan memakai rumus *Webster* (1966) yang kemudian diikuti dengan penentuan waktu hijau (H_i) pada tiap fase. Tujuan rumus waktu siklus ini adalah untuk meminimalisir tundaan total. Waktu siklus ditetapkan menggunakan Persamaan 2.33 di bawah ini atau dengan menggunakan Gambar 2.20.

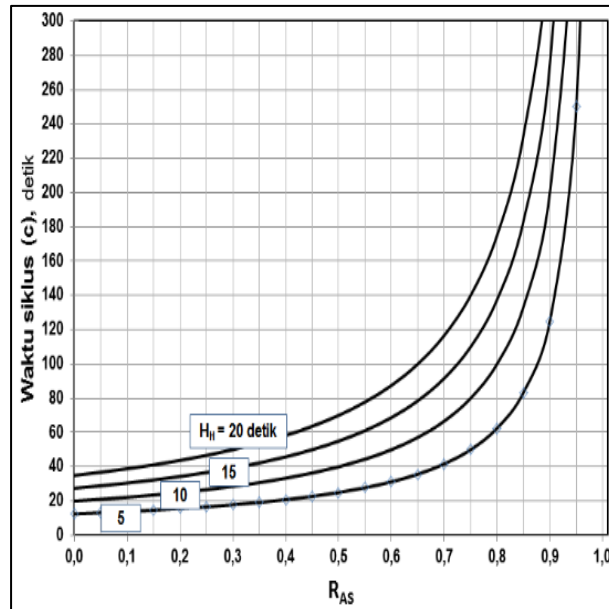
$$C_{bs} = \frac{(1.5 \times H_H + 5)}{1 - R_{AS}} \quad (2.33)$$

Dimana:

C_{bs} = Waktu siklus (det)

H_H = Waktu hijau hilang total per siklus (det)

R_{AS} = Rasio arus simpang



Gambar 2.20. Penetapan Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian
Sumber : PKJI 2014

Peningkatan tundaan rata-rata dapat disebabkan oleh waktu siklus yang bernilai terlalu besar. R_{AS} mendekati satu atau jika lebih dari satu dapat menyebabkan waktu siklus yang terlalu besar atau bernilai negatif. Rentang batas waktu siklus yang dianggap layak ditampilkan pada Tabel 2.20 sebagai berikut:

Tabel 2.21. Waktu Siklus yang Layak

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

Sumber : PKJI 2014

2) Waktu Hijau

Durasi isyarat lampu hijau (H) pada tiap fase dapat dihitung dengan Persamaan 2.34 berikut ini:

$$H_i = (c - H_H) \times R_F \quad (2.34)$$

Dimana:

H_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)

c_{bs} = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)

H_H = Waktu hilang total per siklus (det)

R_F = Rasio fase

3) Waktu Siklus yang Disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan (c) didasarkan pada jumlah waktu hijau yang sudah dibulatkan dan waktu hijau hilang total (H_H) sesuai dengan Persamaan 2.35 berikut ini.

$$c = H_i + H_H \quad (2.35)$$

i. Kapasitas

Kapasitas Simpang APILL

Kapasitas tiap pendekat dihitung dengan Persamaan 2.36 :

$$C = S \times \frac{H}{c} \quad (2.36)$$

Derajat kejenuhan tiap pendekat dihitung dengan Persamaan 2.37.

$$D_J = Q / C \quad (2.37)$$

Keterangan:

C = Kapasitas Simpang APILL (skr/jam)

S = Arus jenuh (skr/jam)

H = Jumlah waktu hijau dalam satu siklus (det)

c = Waktu siklus (det)

j. Keperluan Untuk Perubahan Geometrik

Nilai D_J yang melebihi 0,85 umumnya dapat menyebabkan waktu siklus yang dikalkulasikan melewati batas yang dianjurkan. Hal ini dapat menyebabkan antrian panjang pada periode lalu lintas puncak. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan kapasitas simpang. Berikut ini adalah tiga alternatif perubahan yang dianjurkan PKJI 2014.

1) Penambahan Lebar Pendekat

Dianjurkan untuk melakukan pelebaran pendekat jika dapat dilakukan, terutama pada pendekat-pendekat dengan nilai $R_{Fkritis}$ karena memberikan dampak yang lebih baik dibanding dengan pendekat lain.

2) Perubahan Fase Sinyal

Untuk pendekat terlawan dengan R_{BKa} tinggi dan $R_{Fkristis}$ tinggi ($R_F > 0,8$), maka perlu direncanakan fase khusus untuk arus lalu lintas belok kanan. Pemisahan fase untuk arus belok kanan sebaiknya dilakukan dengan pelebaran pendekat jika memungkinkan.

3) Pelarangan Belok Kanan

Kapasitas dapat ditingkatkan dengan cara melarang satu atau lebih pergerakan belok kanan, apalagi jika pelarangan tersebut dapat mengurangi jumlah fase yang dibutuhkan. Namun demikian, perlu dilakukan pemeriksaan untuk memastikan arus belok kanan yang dilarang tersebut dapat dialihkan tanpa menimbulkan antrian yang terlalu panjang atau bahkan mengganggu simpang terdekat.

k. Perilaku Lalu Lintas

1) Panjang antrian

NQ_1 adalah banyaknya antrian kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya dalam satuan skr. NQ_1 dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.38 atau 2.39 atau Gambar 2.21 sebagai berikut:

1) Untuk $D_j > 0,5$:

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(D_j - 1) + \sqrt{(D_j - 1)^2 + \frac{8 \times (D_j - 0,5)}{C}} \right] \quad (2.38)$$

2) Untuk $D_j \leq 0,5$:

$$NQ_1 = 0 \quad (2.39)$$

Dimana :

NQ_1 = Jumlah skr yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (skr)

D_j = Derajat kejenuhan

C = Kapasitas simpang (skr/jam)

Banyaknya antrian kendaraan yang datang selama fase merah disebut NQ_2 . NQ_2 dapat dihitung dengan Persamaan 2.40 atau Gambar 2.22 berikut ini:

$$NQ_2 = C \times \frac{1 - R_h}{1 - R_h \times D_j} \times \frac{Q}{3600} \quad (2.40)$$

Dimana :

NQ_2 = Jumlah skr yang datang selama fase merah (skr)

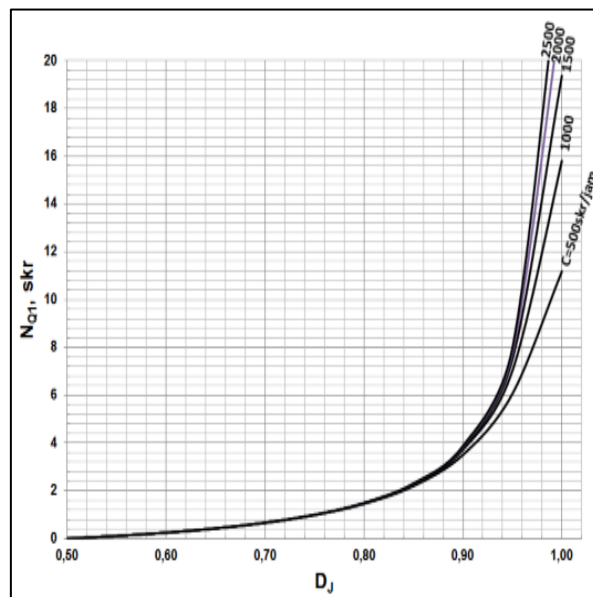
R_H = Rasio hijau

c = Waktu siklus (det)

Q = Arus lalu-lintas total (skr/jam)

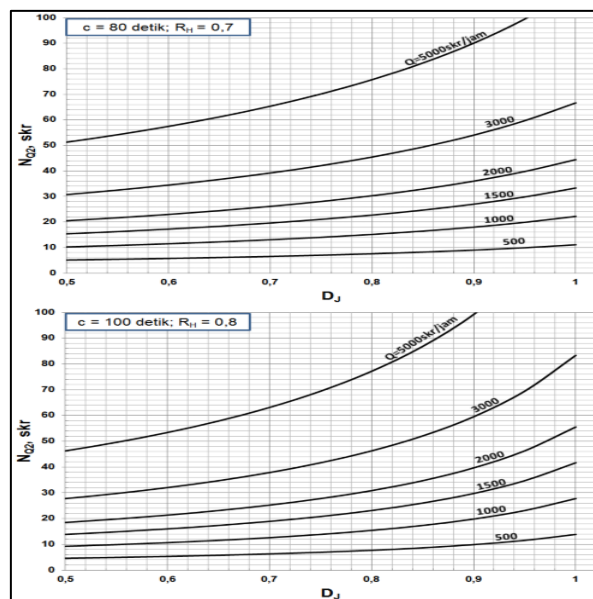
Jumlah kendaraan antri dan masukan hasilnya pada Persamaan 2.41:

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (2.41)$$



Gambar 2.21. Jumlah Kendaraan yang Tersisa dari Fase Hijau(NQ_1)

Sumber : PKJI 2014



Gambar 2.22. Jumlah Kendaraan yang Datang Kemudian Antri pada Fase Merah(NQ_2)

Sumber : PKJI 2014

Panjang antrian kendaraan yang mengantri di sepanjang suatu pendekat disebut panjang antrian (PA). PA dihitung sebagaimana persamaan 2.39 di bawah ini :

$$PA = \frac{NQ \times 20}{L_m} \quad (2.42)$$

Dimana:

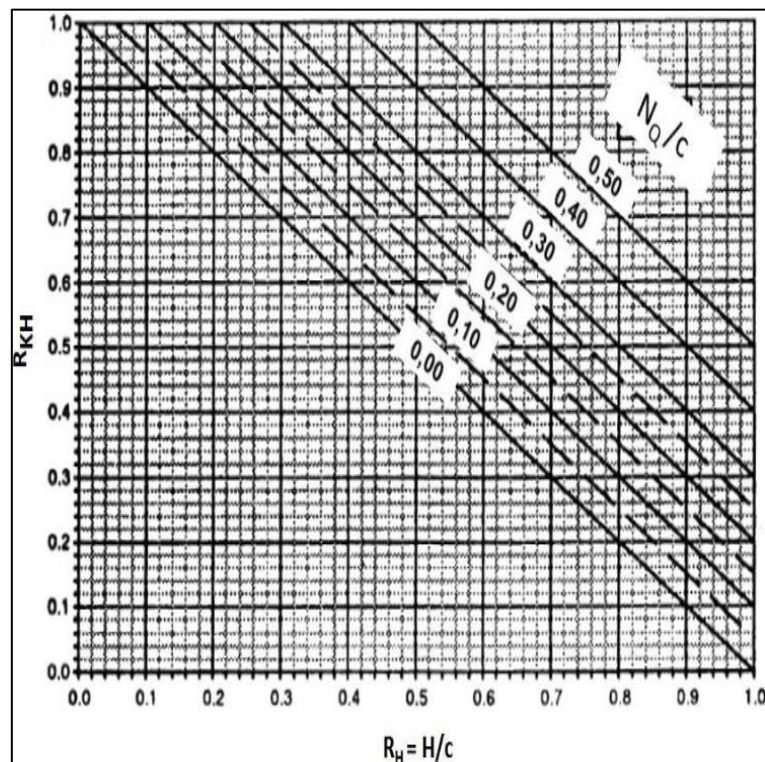
PA = Panjang antrian (m)

NQ = Jumlah rata-rata antrian kendaraan pada awal isyarat lampu hijau

L_M = Lebar masuk (m)

I. Rasio Kendaraan Henti

1) Rasio perbandingan kendaraan pada pendekat yang berhenti akibat isyarat merah sebelum kendaraan melintasi simpang terhadap total arus pada suatu fase yang sama pada pendekat tersebut disebut rasio kendaraan henti (R_{KH}). R_{KH} dapat diperoleh dari Gambar 2.23 atau dihitung dengan Persamaan 2.40 :



Gambar 2.23. Penentuan Rasio Kendaraan Terhenti (R_{KH})

Sumber : PKJI 2014

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \quad (2.43)$$

Dimana:

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

Q = Total arus lalu lintas (skr/jam)

c = Waktu siklus (det)

- 2) Total berhenti rata-rata tiap kendaraan, termasuk berhenti yang terulang dalam suatu antrian sebelum melewati suatu simpang disebut jumlah rata-rata kendaraan (N_H). N_H dihitung menggunakan Persamaan 2.44:

$$N_H = Q \times R_{KH} \quad (2.44)$$

- 3) Rasio rata-rata kendaraan berhenti untuk seluruh simpang atau angka henti seluruh simpang ($R_{KHTotal}$) dihitung sebagai Persamaan 2.45 berikut:

$$R_{KHTotal} = \frac{\sum N_H}{\sum Q} \quad (2.45)$$

m. Tundaan

Tundaan pada suatu simpang disebabkan oleh dua tundaan, yakni tundaan lalu lintas (T_L) dan tundaan geometrik (T_G). Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat i dihitung dengan Persamaan 2.46 sebagai berikut:

$$T_i = T_{Li} + T_{Gi} \quad (2.46)$$

Tundaan lalu lintas rata-rata pada suatu pendekat i dapat ditentukan dengan Persamaan 2.47 (Akcelik, 1988):

$$T_L = c \times \frac{0,5 \times (1-R_H)^2}{(1-R_H \times D_f)} + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \quad (2.47)$$

Jika kapasitas simpang dipengaruhi oleh faktor-faktor luar, sebagai contoh kemacetan pada bagian hilir menghalangi jalan keluar, manajemen lalu lintas secara manual oleh polisi, atau faktor lainnya, maka hasil perhitungan tidak berlaku.

Tundaan geometrik rata-rata pada suatu pendekat i dapat diperkirakan menggunakan Persamaan 2.48:

$$T_G = (1-R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \quad (2.48)$$

Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (T) diperoleh dengan Persamaan 2.49 berikut:

$$T = \frac{\sum(Q \times T_i)}{\sum Q} \quad (2.49)$$

Dimana :

T_L = Tundaan lalu-lintas rata-rata (det/skr)

T_G = Tundaan geometri rata-rata untuk pendekat j (det/skr)

c = Waktu siklus yang disesuaikan (det)

R_{KH} = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat

P_B = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat

R_H = Rasio hijau

D_J = Derajat kejenuhan

NQ_1 = Jumlah skr yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

C = Kapasitas (skr/jam)

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015 tentang pedoman pelaksanaan kegiatan manajemen dan rekayasa lalu lintas, tingkat pelayanan pada persimpangan diklasifikasikan seperti pada Tabel 2.21 berikut:

Tabel 2.22. Tingkat Pelayanan Berdasarkan Tundaan

Tingkat Pelayanan	Tundaan (detik/kendaraan)
A	<5
B	5 - 15
C	15 - 25
D	25-40
E	40-60
F	>60

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015

Tingkat pelayanan pada persimpangan yang diinginkan pada ruas jalan pada sistem jaringan jalan primer sesuai fungsinya seperti pada Tabel 2.22 :

Tabel 2.23. Tingkat Pelayanan Berdasarkan Tundaan

Klasifikasi Jalan	Minimum Tingkat Pelayanan
Arteri primer	B
Kolektor primer	B
Tol	B
Lokal primer	C
Arteri sekunder	C
Kolektor sekunder	C
Lingkungan	D
Lokal sekunder	D

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015

2.3. Faktor Pertumbuhan

Faktor pertumbuhan dapat dihitung jika data awal, data akhir, dan data rentang dari tahun awal ke tahun rencana tersedia. Bentuk umum dari persamaan perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas dapat dituliskan sebagai Persamaan 2.50 berikut :

$$P_t = P_o \times (1-i)^n \quad (2.50)$$

Dimana :

P_t = Data pada awal periode

P_o = Data pada akhir periode

n = Rentang waktu periode awal ke periode akhir dalam satuan waktu

i = Faktor pertumbuhan (%)