

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1. Simpang

Menurut AASHTO (2001) dalam Khisty dan Lall (2005a), persimpangan jalan yaitu bergabungnya antara dua jalan atau lebih termasuk fasilitas yang terdapat di tepi jalan secara bersimpangan untuk pergerakan lalu lintas.

Menurut Risdiyanto (2014), jenis-jenis simpang dibedakan menjadi 4 yaitu simpang tak bersinyal, simpang bersinyal, bundaran dan simpang susun. Simpang tak bersinyal biasanya digunakan pada volume lalu lintas yang rendah dengan kendaraan yang akan memasuki simpang mempunyai hak jalan lebih dahulu daripada kendaraan yang sebelum memasuki simpang tersebut, berbeda dengan simpang bersinyal yang digunakan pada volume lalu lintas yang cukup tinggi dengan kendaraan yang akan memasuki simpang harus secara bergantian dengan pengaturan lampu lalu lintas. Selain simpang bersinyal terdapat alternatif lain yaitu bundaran dan simpang susun. Bundaran dapat menghasilkan antrian yang lebih kecil pada jam tidak sibuk dengan peningkatan pemilihan kontrol, sedangkan simpang susun dapat meningkatkan kapasitas dengan persilangan dibuat tidak sebidang karena kapasitas jaringan jalan ditentukan oleh kapasitas persilangannya.

2.1.2. Lampu lalu lintas

Menurut UU Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) adalah perangkat elektronik berupa isyarat lampu dan dapat juga dilengkapi dengan isyarat bunyi dengan tujuan mengatur lalu lintas kendaraan termasuk pejalan kaki di persimpangan atau ruas jalan.

Menurut Khisty dan Lall (2005a), lampu lalu lintas yang dipasang pada persimpangan bertujuan untuk meningkatkan keamanan sistem secara keseluruhan, meningkatkan kapasitas dengan mengurangi waktu tempuh rata-rata dan menyeimbangkan kualitas pelayanan di seluruh aliran lalu lintas.

Menurut Risdiyanto (2014), sinyal lampu lalu lintas pada persimpangan terdiri dari tiga buah warna, yaitu warna hijau, kuning dan merah. Sinyal hijau mengisyaratkan bahwa kendaraan harus berjalan, sinyal kuning mengisyaratkan bahwa kendaraan bersiap-siap untuk berhenti dan sinyal merah mengisyaratkan bahwa kendaraan harus berhenti.

2.1.3. Tingkat pelayanan simpang

Menurut Khisty dan Lall (2005b), tingkat pelayanan untuk simpang bersinyal dapat dikatakan sebagai tundaan kendali, yaitu tundaan kendali rata-rata dihitung untuk setiap kelompok lajur dan sebagai satu kesatuan untuk setiap cabang dalam persimpangan.

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas, tingkat pelayanan pada simpang terdiri dari 6 tingkat yaitu A sampai F seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tingkat Pelayanan Simpang (Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No.96, 2015)

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

2.1.4. Hasil penelitian terdahulu

- a. Pambudi (2017) menyatakan bahwa analisis kinerja simpang APILL jalan Bantul, Ring Road Selatan, Yogyakarta pada jam puncak kondisi eksisting diperoleh nilai tundaan rata-rata sebesar 407 detik/skr dengan tingkat pelayanan F. Alternatif solusi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja simpang yaitu mengubah waktu siklus yang telah ada dengan waktu siklus yang baru pada jam puncak, mengubah arus pada lengan timur dan selatan menjadi belok kiri jalan terus, serta melakukan pelebaran pada seluruh lengan. Alternatif ini dipilih karena dapat meningkatkan tingkat pelayanan simpang menjadi E.

- b. Andini (2017) menyatakan bahwa analisis kinerja simpang bersinyal jalan Imogiri Barat pada jam puncak kondisi eksisting diperoleh nilai tundaan rata-rata sebesar 403,71 detik/skr dengan tingkat pelayanan F. Alternatif solusi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja simpang yaitu mengubah waktu siklus, penambahan lebar efektif dan perubahan arus belok kiri jalan terus pada setiap lengan. Alternatif ini dipilih karena dapat meningkatkan tingkat pelayanan simpang menjadi E.
- c. Mubarak (2016) menyatakan bahwa analisis kapasitas tingkat kinerja simpang bersinyal lampu lalu lintas pada persimpangan jalan Pasir Putih jalan Kaharuddin Nasution, Pekanbaru pada jam puncak kondisi eksisting diperoleh nilai derajat kejenuhan sebesar 0,78 ($DS < 0,85$) sehingga kapasitas jalan masih jauh dari nilai titik jenuh dan nilai tundaan rata-rata sebesar 30,43 dengan tingkat pelayanan D.
- d. Pradana dkk. (2016) menyatakan bahwa analisis kinerja simpang bersinyal pada simpang Ciruas Serang pada jam puncak kondisi eksisting diperoleh nilai derajat kejenuhan pendekat barat sudah jenuh yaitu 0,80 ($DS > 0,75$) dan nilai tundaan rata-rata sebesar 46,5 detik/skr dengan tingkat pelayanan E. Alternatif solusi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja simpang yaitu melakukan pengaturan ulang sinyal, perubahan fase dan pelebaran geometri. Alternatif ini dipilih karena dapat menurunkan derajat kejenuhan dan tundaan dari kondisi eksisting yang dapat meningkatkan tingkat pelayanan menjadi C.
- e. Mahmudah dan Tubagus (2015) menyatakan bahwa analisis kinerja simpang bersinyal Ngabean, Yogyakarta pada jam puncak kondisi eksisting diperoleh nilai derajat kejenuhan sebesar 0,89 ($DS > 0,85$) dan nilai tundaan rata-rata sebesar 71,44 detik/skr dengan tingkat pelayanan F. Alternatif solusi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja simpang yaitu melakukan pelebaran geometrik dan meniadakan gerakan belok kiri langsung (LTOR). Alternatif ini dipilih karena dapat menurunkan derajat kejenuhan dan tundaan dari kondisi eksisting yang dapat meningkatkan tingkat pelayanan menjadi E.
- f. Ibrahim dkk. (2015) menyatakan bahwa dari hasil analisis kinerja simpang bersinyal simpang Surabaya Banda Aceh pada jam puncak kondisi eksisting diperoleh nilai tundaan rata-rata sebesar 44,92 detik/skr dengan tingkat

- pelayanan D. Alternatif perbaikan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja simpang yaitu merencanakan ulang waktu sinyal lampu lalu lintas, penambahan rambu jalan seperti pelarangan parkir di bahu jalan dan dilakukan penelitian lebih lanjut, misalnya dengan memperhatikan arus lalu lintas dari simpang yang berdekatan.
- g. Anjarwati (2014) menyatakan bahwa analisis kinerja simpang bersinyal Dukuhwaluh Purwokerto pada jam puncak kondisi eksisting diperoleh nilai derajat kejenuhan sebesar 1,06 ($DS > 0,85$) dan nilai tundaan rata-rata sebesar 68,93 detik/skr dengan tingkat pelayanan F yang berarti kondisi arus lalu lintas dipaksakan, kecepatan relatif rendah dan antrian kendaraan yang panjang.
- h. Taufikkurrahman (2013) menyatakan bahwa analisis kinerja simpang bersinyal jalan Sudirman dan jalan Urip Sumohardjo Malang pada jam puncak kondisi eksisting diperoleh nilai derajat kejenuhan terbesar di pendekat timur sebesar 4,4 dan nilai tundaan rata-rata sebesar 3102,47 detik/skr dengan tingkat pelayanan F. Alternatif solusi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja simpang yaitu optimasi siklus. Alternatif ini dipilih karena dapat menurunkan derajat kejenuhan dan tundaan dari kondisi eksisting.
- i. Edrian dan Harianto (2013) menyatakan bahwa analisis kinerja persimpangan bersinyal akibat perubahan fase di jalan Brigjend Katamsa dan jalan AH Nasution pada jam puncak kondisi eksisting diperoleh nilai derajat kejenuhan menggunakan 4 fase sebesar 1,25 ($DS > 0,75$). Alternatif solusi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja simpang yaitu perubahan fase menjadi 2 fase. Alternatif ini dipilih karena dapat menurunkan derajat kejenuhan dari kondisi eksisting yang menggunakan 4 fase.
- j. Wikrama (2011) menyatakan bahwa analisis kinerja simpang bersinyal jalan Teuku Umar Barat dan jalan Gunung Salak pada jam puncak pagi, siang dan sore kondisi eksisting diperoleh nilai tundaan rata-rata sebesar 59,95-598,24 detik/skr dengan tingkat pelayanan adalah E s/d F. Alternatif solusi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja simpang yaitu kombinasi pelebaran geometrik simpang dengan pengaturan ulang lampu lalu lintas. Alternatif ini dipilih karena dapat menurunkan derajat kejenuhan dan tundaan dari kondisi eksisting yang dapat meningkatkan tingkat pelayanan menjadi C-F.

- k. Alhadar (2011) menyatakan bahwa analisis kinerja jalan dalam upaya mengatasi kemacetan lalu lintas pada ruas simpang bersinyal di kota Palu, kemacetan lalu lintas dapat terjadi apabila derajat kejenuhan $> 0,75$ atau akibat dari adanya hambatan samping yang tinggi. Alternatif untuk memperlancar arus lalu lintas yaitu manajemen lalu lintas, pelebaran jalan dan evaluasi waktu siklus.
- l. Rahayu dkk. (2009) menyatakan bahwa analisis arus jenuh dan panjang antrian pada simpang bersinyal di jalan Dr. Sutomo-Suryopranoto, Yogyakarta diperoleh panjang antrian di lapangan dengan analisis menggunakan MKJI 1997 tidak sama serta panjang antrian dengan satuan smp lebih mendekati lapangan dibandingkan dengan satuan meter sehingga perlu dilakukan koreksi dengan nilai ekivalen mobil penumpang untuk sepeda motor 0,2 smp menjadi 0,15 smp. Koreksi ini bertujuan untuk meningkatkan nilai kapasitas agar tidak terjadi fluktuasi arus lalu lintas yang terlalu ekstrem.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Peraturan yang relevan mengenai kinerja simpang bersinyal

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas, kapasitas jalan adalah ruas jalan yang mampu menampung volume lalu lintas persatuan waktu dalam satuan kendaraan perjam atau satuan kendaraan ringan perjam. Dalam meningkatkan kapasitas jalan pada suatu persimpangan maka perlu memberikan kinerja lalu lintas dan tingkat pelayanan simpang yang baik dengan indikator rasio antara volume dan kapasitas jalan, waktu perjalanan, kebebasan dalam bergerak, keamanan, keselamatan, ketertiban, kelancaran dan kondisi arus lalu lintas dalam penilaian pengemudi, untuk mengetahuinya maka perlu dievaluasi terlebih dahulu menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia tahun 2014.

2.2.2. Pengertian umum

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2014) tentang Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, perencanaan dan evaluasi kinerja lalu lintas simpang bersinyal untuk perhitungan kapasitasnya yaitu penetapan waktu isyarat, kapasitas (C), derajat kejenuhan (DJ) dan kinerja lalu lintas yang terdiri dari panjang antrian (PA), rasio kendaraan henti (R_{KH}) dan tundaan (T).

Data arus lalu lintas yang digunakan yaitu terdiri dari kendaraan ringan (KR), kendaraan sedang (KS), kendaraan berat (KB) dan kendaraan tak bermotor (KTB). Untuk klasifikasi kendaraan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi Kendaraan (Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014)

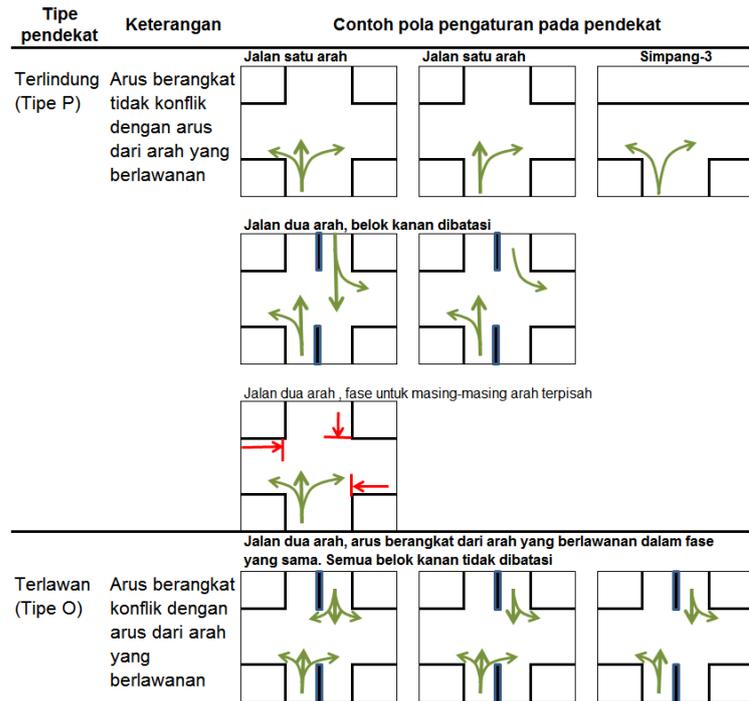
No	Klasifikasi	Jenis Kendaraan
1	Sepeda Motor (SM)	Kendaraan bermotor roda 2 dan 3
2	Kendaraan Ringan (KR)	Mobil penumpang (Sedan, Jeep, Station wagon, Opelet, Minibus, Mikrobus), Pickup, dan Truk Kecil
3	Kendaraan Sedang (KS)	Bus dan Truk 2 sumbu
4	Kendaraan Berat (KB)	Truk 3 sumbu dan Truk kombinasi (Truk Gandengan dan Truk Tempelan)
5	Kendaraan Tak Bermotor (KTB)	Sepeda, Becak, Dokar, Keretek, dan Andong

Kendaraan yang masih dalam satuan kendaraan per jam harus dikonversi terlebih dahulu menjadi skr per jam dengan menggunakan nilai ekivalen kendaraan ringan (ekr) untuk satu atau lebih periode, baik pendekat terlindung atau terlawan. Untuk nilai ekivalen kendaraan ringan dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Ekivalen Kendaraan Ringan (Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014)

No	Jenis Kendaraan	Nilai ekr	
		Terlindung	Terlawan
1	KR	1,00	1,00
2	KB, KS	1,30	1,30
3	SM	0,15	0,40

Simpang bersinyal terdiri dari tipe pendekat terlindung dan terlawan. Analisis kapasitas yang dilakukan dalam tipe pendekat terlindung atau terlawan harus dipisahkan berdasarkan ketentuan masing-masing. Untuk membedakan mana yang tipe terlindung atau terlawan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Penentuan Tipe Pendekat
(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014)

2.2.3. Penentuan lebar efektif

Perhitungan kapasitas simpang bersinyal harus menentukan lebar efektif (L_E) terlebih dahulu berdasarkan lebar ruas pendekat (L), lebar masuk (L_M) dan lebar keluar (L_K). Penentuan lebar masuk (L_M) untuk pendekat terlindung, jika $L_K < L_M \times (1 - R_{BKa} - R_{BKJT})$, maka $L_E = L_K$, dan analisis untuk pendekat ini hanya menggunakan arus lurus saja. Jika pendekat terdapat pulau lalu lintas, maka L_M ditentukan seperti pada persamaan 2.1.

$$L_M = L - L_{BKJT} \dots\dots\dots (2.1)$$

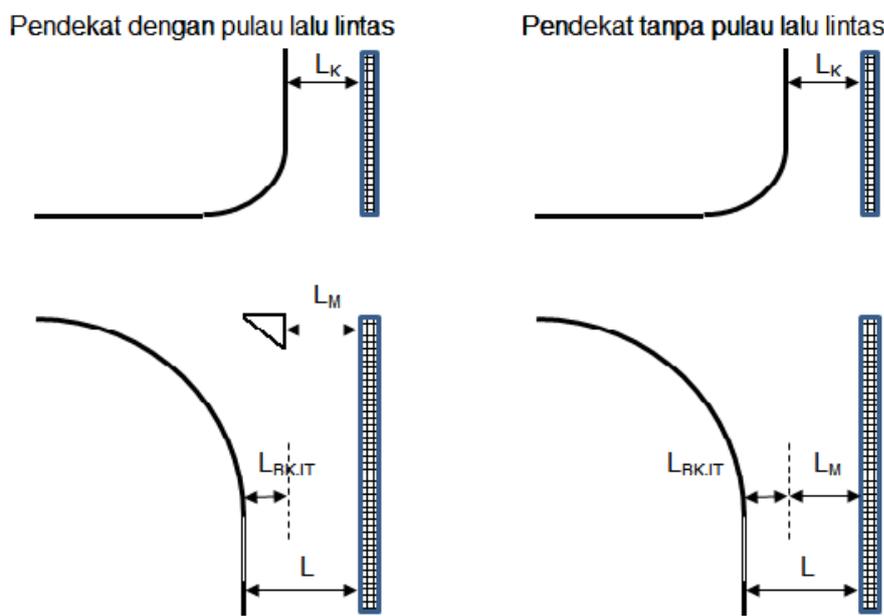
Jika $L_{BKJT} \geq 2m$, maka arus kendaraan yang melalui B_{KJT} dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan selama isyarat merah dengan arus yang dihitung yaitu $q = q_{LRS} + q_{BKa}$ saja tanpa menggunakan q_{BKJT} dengan L_E dipilih dari nilai terkecil diantara L_K dan $(L_M - L_{BKJT})$. L_E ditentukan sebagai berikut.

$$L_E = L_{in} \left\{ \frac{L - L_{BKJT}}{L_M} \right\} \dots\dots\dots (2.2)$$

Jika $L_{BKIJT} < 2m$, maka kendaraan yang melalui B_{KIJT} dianggap tidak dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan selama isyarat merah. L_E ditentukan menggunakan q_{BKIJT} sebagai berikut.

$$L_E = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} L \\ L_M + L_{BKIJT} \\ L \times (1 + R_{BKIJT}) - L_{BKIJT} \end{array} \right. \dots\dots\dots (2.3)$$

Periksa L_K (pendekat tipe P), jika $L_K < L_M \times (1 - R_{BKa})$, maka $L_E = L_K$, dengan arus yang digunakan lurus saja yaitu q_{LRS} .



Gambar 2.2 Lebar Pendekat dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas (Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014)

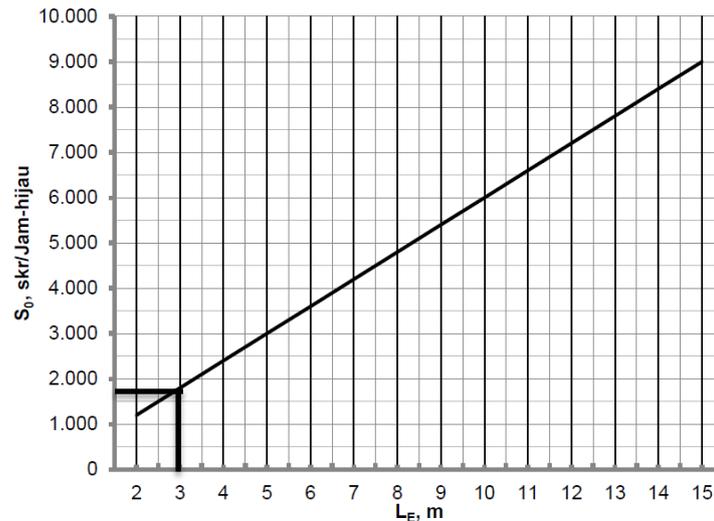
2.2.4. Arus jenuh dasar (S_0)

Arus jenuh dasar dibagi menjadi 2 tipe yaitu tipe pendekat terlindung (P) dan tipe pendekat tak terlindung atau terlawan (O). Untuk pendekat terlindung (P), S_0 ditentukan oleh persamaan 2.4 sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat dan dapat ditentukan juga dengan menggunakan grafik pada Gambar 2.3.

$$S_0 = 600 \times L_E \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

L_E = lebar efektif pendekat (m)



Gambar 2.3 Diagram Arus Jenuh Dasar Tipe Pendekat Terlindung
(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014)

Untuk pendekat tak terlindung (O), Tidak dilengkapi lajur belok-kanan terpisah, maka S_0 ditentukan menggunakan grafik yang terdapat pada lampiran PKJI (2014), S_0 sebagai fungsi dari L_E , Q_{BKa} , dan Q_{BKaO}

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

Kategori ukuran kota terdiri dari lima berdasarkan kriteria populasi penduduk. Faktor ini dapat ditentukan melalui Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{UK}) (Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014)

Jumlah Penduduk Kota (Juta Jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{UK})
> 3,0	1,05
1,0 – 1,03	1,00
0,5 – 1,0	0,94
0,1 - 0,5	0,83
< 0,1	0,82

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

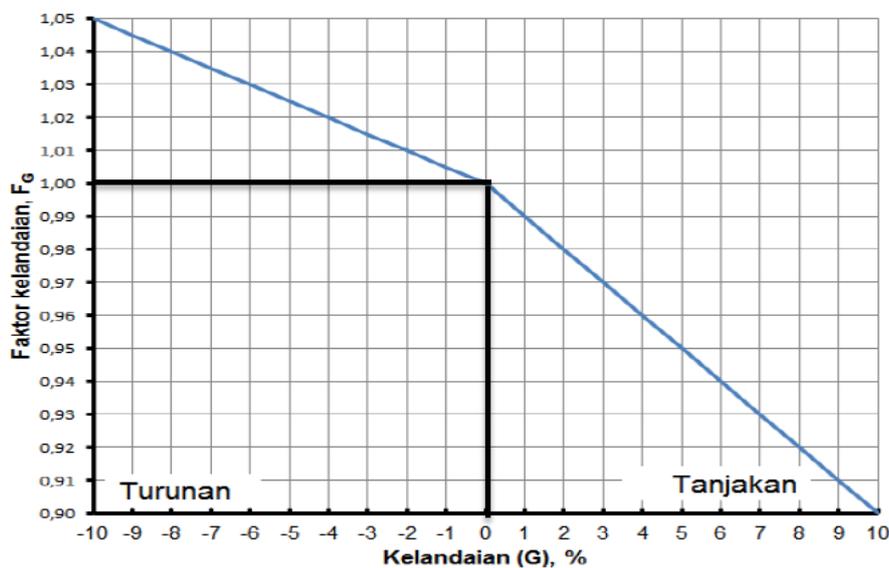
Faktor penyesuaian ini dapat diketahui melalui tipe lingkungan, hambatan samping, tipe pendekat dan rasio kendaraan tak bermotor (Q_{KTb}/q_{KBm}) pada setiap pendekat. Jika hambatan samping tidak dapat diketahui, maka hambatan samping diasumsikan tinggi agar kapasitas yang dihasilkan tidak terlalu besar. Faktor penyesuaian hambatan samping (F_{HS}) dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{HS}) (Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014)

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	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	

2.2.7. Faktor penyesuaian kelandaian (F_G)

Faktor penyesuaian kelandaian (F_G) sebagai fungsi dari kelandaian. Faktor ini dapat ditentukan menggunakan grafik pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Faktor Penyesuaian Kelandaian (Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014)

2.2.8. Faktor penyesuaian parkir (F_P)

Faktor penyesuaian ini dapat diketahui dari jarak garis henti sampai ke parkir kendaraan pertama pada lajur pendekat. Faktor ini dapat dihitung menggunakan persamaan 2.5 atau dapat juga ditentukan menggunakan grafik pada Gambar 2.5.

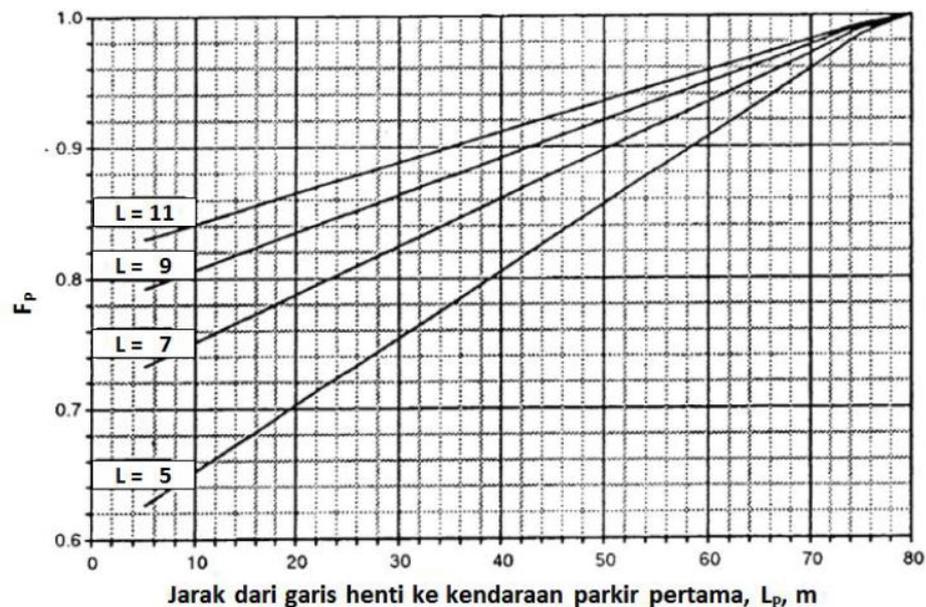
$$F_p = \frac{\left[\frac{L_p (L - 2) \times \left(\frac{L_p}{3} - g \right)}{L} \right]}{H} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

L_p = adalah jarak antara garis henti ke kendaraan yang parkir pertama pada lajur belok kiri atau panjang dari lajur belok kiri yang pendek (m)

L = lebar pendekat (m)

H = waktu hijau pada pendekat yang ditinjau (nilai normal 26 detik)



Gambar 2.5 Faktor Penyesuaian Parkir
(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014)

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

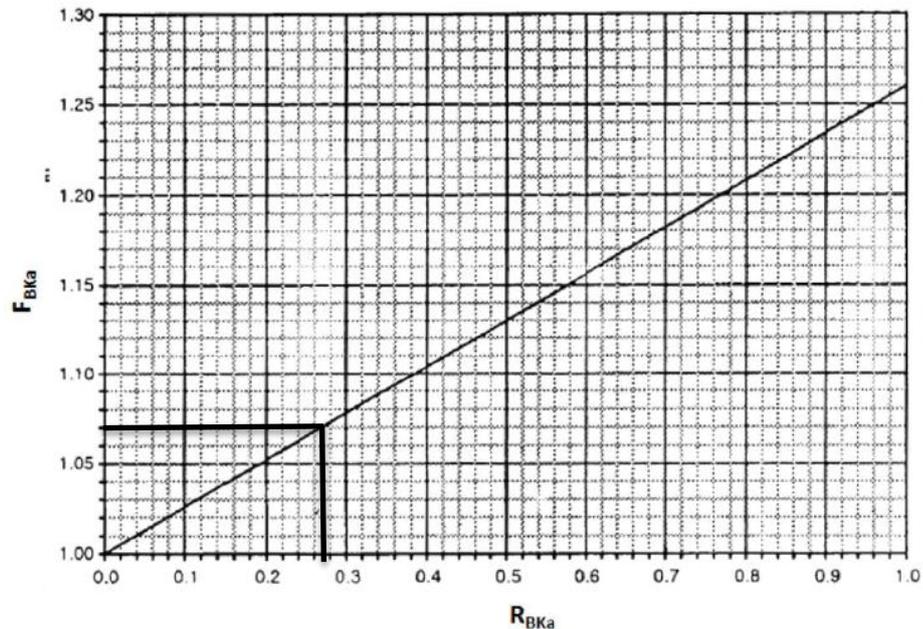
Faktor penyesuaian ini dapat diketahui melalui rasio kendaraan belok kanan dan hanya berlaku untuk tipe terlindung saja, tanpa median, tipe jalan dua arah dan lebar efektif sama seperti lebar masuk. Faktor ini dapat dihitung

menggunakan persamaan 2.6 atau dapat ditentukan juga menggunakan grafik pada Gambar 2.6.

$$F_{BKa} = 1,0 - R_{BKa} \times 0,26 \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

R_{BKa} = rasio kendaraan belok kanan



Gambar 2.6 Faktor Penyesuaian Belok Kanan
(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014)

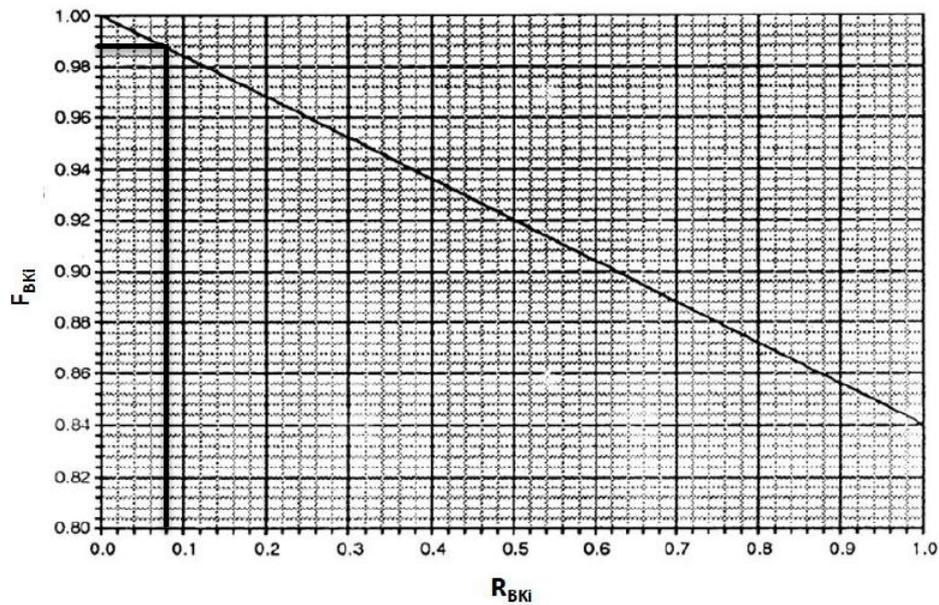
2.2.10. Faktor penyesuaian belok kiri (F_{BKl})

Faktor penyesuaian ini dapat diketahui melalui rasio kendaraan belok kiri dan hanya berlaku untuk tipe terlindung saja, tanpa B_{KlT} dan lebar efektif sama seperti lebar masuk. Faktor ini dapat dihitung menggunakan persamaan 2.7 atau dapat ditentukan juga menggunakan grafik pada Gambar 2.7.

$$F_{BKl} = 1,0 - R_{BKl} \times 0,16 \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

R_{BKl} = rasio kendaraan belok kiri



Gambar 2.7 Faktor Penyesuaian Belok Kiri
(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014)

2.2.11. Arus jenuh (S)

Arus jenuh dapat diketahui melalui nilai arus jenuh dasar (S_0) dengan faktor-faktor penyesuaian. Arus Jenuh dapat dihitung menggunakan persamaan 2.8.

$$S = S_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

F_{HS} = faktor penyesuaian lingkungan jalan

F_{UK} = faktor penyesuaian ukuran kota

F_G = faktor penyesuaian kelandaian

F_P = faktor penyesuaian parkir

F_{BK_i} = faktor penyesuaian belok kiri

F_{BK_a} = faktor penyesuaian belok kanan

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

Rasio arus untuk tipe pendekatan terlindung dan terlawan dapat dihitung menggunakan persamaan 2.9.

$$R_{Q/S} = \frac{Q}{S} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

Q = Arus lalu lintas (skr/jam)

S = Arus Jenuh (skr/jam)

2.2.13. Rasio fase (R_F)

Rasio fase yaitu rasio antara rasio arus lalu lintas terhadap rasio arus lalu lintas simpang. Nilai rasio fase dapat dihitung menggunakan persamaan 2.10.

$$R_F = \frac{R_{Q/S \text{ kritis}}}{R_{AS}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

$R_{Q/S}$ = Rasio arus lalu lintas

R_{AS} = Rasio arus simpang

2.2.14. Waktu siklus (c)

Waktu siklus bertujuan untuk meminimumkan tundaan total dengan menggunakan rumus Webster (1966) (dalam Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014). Waktu siklus dapat dihitung menggunakan persamaan 2.11.

$$c = \frac{(1,5 \times H_H + 5)}{1 - \sum R_{Q/S \text{ kritis}}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan :

C = waktu siklus (detik)

H_H = jumlah waktu hijau hilang per siklus (detik)

$R_{Q/S}$ = rasio arus

$R_{Q/S \text{ kritis}}$ = nilai $R_{Q/S}$ yang tertinggi dari semua pendekatan yang berangkat pada fase yang sama

$\sum R_{Q/S \text{ kritis}}$ = rasio arus simpang

Waktu siklus yang didapatkan diharapkan sesuai dengan batas yang disarankan pada PKJI (2014), yang dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Waktu Siklus yang Layak (Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014)

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus Yang Layak (detik)
Pengaturan dua-fase	40-80
Pengaturan tiga-fase	50-100
Pengaturan empat-fase	80-130

2.2.15. Waktu hijau (H)

Waktu hijau adalah waktu isyarat lampu hijau sebagai izin berjalan bagi kendaraan-kendaraan pada setiap pendekatan simpang yang ditinjau. Waktu Hijau dapat dihitung menggunakan persamaan 2.12.

$$H_i = (c - H_H) \times \frac{R_{Q/S \text{ kritis}}}{\sum_i (R_{Q/S \text{ kritis}})_i} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

H_i = waktu hijau pada fase i (detik)

i = indeks untuk fase ke i

2.2.16. Kapasitas (C)

Kapasitas dapat dihitung menggunakan persamaan 2.13.

$$C = S \times \frac{H}{c} \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

C = kapasitas (skr/jam)

S = arus jenuh (skr/jam)

H = total waktu hijau dalam satu siklus (detik)

c = waktu siklus (detik)

2.2.17. Derajat kejenuhan (DJ)

Derajat kejenuhan (DJ) dapat dihitung menggunakan persamaan 2.14.

$$DJ = \frac{Q}{c} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

Q = arus lalu lintas (skr/jam)

C = kapasitas simpang (skr/jam)

2.2.18. Panjang antrian (PA)

Panjang antrian adalah 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}). Nilai N_Q dapat dihitung menggunakan persamaan 2.15.

$$N_Q = N_{Q1} + N_{Q2} \dots\dots\dots (2.15)$$

Nilai N_{Q1} jika $DJ > 0,5$ dapat dihitung menggunakan persamaan 2.16, Jika $DJ \leq 0,5$, maka $N_{Q1} = 0$ dan nilai N_{Q2} dapat dihitung menggunakan persamaan 2.17.

$$N_{Q1} = 0,25 \times c \times \left\{ (DJ - 1)^2 + \sqrt{(DJ - 1)^2 + \frac{8 \times (DJ - 0,5)}{c}} \right\} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$N_{Q2} = c \times \frac{(1 - R_H)}{(1 - R_H \times DJ)} \times \frac{Q}{3600} \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan :

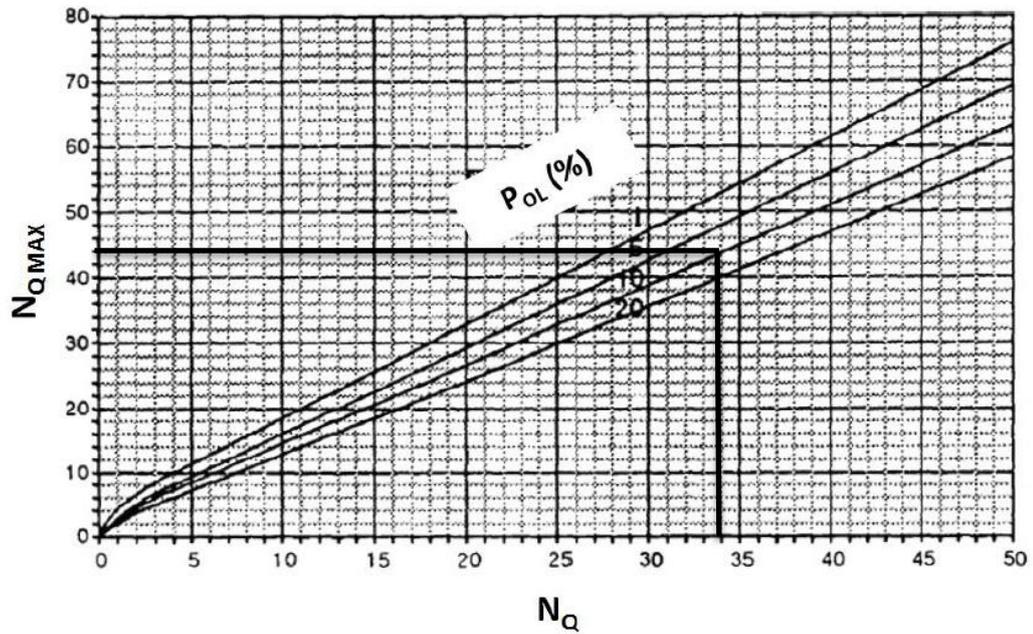
c = waktu siklus (detik)

DJ = derajat kejenuhan

C = Kapasitas (skr/jam)

R_H = rasio hijau

Nilai N_{QMAX} untuk evaluasi pembebanan lebih dari N_Q menggunakan grafik pada Gambar 2.8 untuk desain dan perencanaan disarankan $POL \leq 5\%$ sedangkan untuk analisis operasional disarankan $POL = 5\%$ sampai 10% .



Gambar 2.8 Jumlah Antiran Maksimum
(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014)

Panjang antrian dapat diketahui dari nilai N_q (skr), luas area rata-rata yang digunakan oleh satu kendaraan ringan (ekr) yaitu 20 m^2 dan lebar masuk. Panjang antrian dapat dihitung menggunakan persamaan 2.18.

$$PA = N_q \times \frac{20}{L_M} \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan :

N_q = jumlah rata-rata antrian kendaraan (skr) pada awal isyarat lampu hijau

L_M = lebar masuk (m)

2.2.19. Rasio kendaraan henti (R_{KH})

Rasio kendaraan henti (R_{KH}) adalah rasio kendaraan pada pendekat yang harus berhenti akibat isyarat merah sebelum melewati suatu simpang terhadap jumlah arus pada fase yang sama pada pendekat tersebut. Rasio kendaraan henti dapat dihitung menggunakan persamaan 2.19.

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_q}{Q \times c} \times 3600 \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan :

N_q = jumlah rata-rata antrian kendaraan (skr) pada awal isyarat lampu hijau

C = waktu siklus (detik)

Q = arus lalu lintas dari pendekat yang ditinjau (skr/jam)

Jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_H) adalah jumlah berhenti rata rata per kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu simpang. Jumlah rata-rata kendaraan berhenti dapat dihitung menggunakan persamaan 2.20.

$$N_H = Q \times R_{KH} \dots\dots\dots (2.20)$$

2.2.20. Tundaan (T)

Tundaan pada simpang bersinyal terdiri dari tundaan lalu lintas (T_L) dan tundaan geometrik (T_G). Tundaan rata-rata dapat dihitung menggunakan persamaan 2.21.

$$T_i = T_{Li} + T_{Gi} \dots\dots\dots (2.21)$$

Tundaan lalu lintas (T_L) dapat dihitung menggunakan persamaan 2.22 dan Tundaan geometri (T_G) dapat dihitung menggunakan persamaan 2.23.

$$T_L = c \times \frac{0,5 \times (1-R_H)^2}{(1-R_H \times D_j)} + \frac{N_{Q1} \times 3600}{C} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \dots\dots\dots (2.23)$$

Tundaan total dapat dihitung menggunakan persamaan 2.24 dan tundaan rata-rata dapat dihitung dengan persamaan 2.25.

$$T_{total} = T \times Q \dots\dots\dots (2.24)$$

$$T_I = \frac{\sum T_{total}}{Q_{total}} \dots\dots\dots (2.25)$$

Keterangan :

R_H = Rasio hijau

c = Waktu siklus (detik)

C = Kapasitas simpang (skr/jam)

R_{KH} = Rasio kendaraan henti

P_B = Porsi kendaraan membelok pada suatu pendekat ($R_{BKA} + R_{BKI}$)