

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Lalu Lintas

Lalu lintas adalah berjalan bolak-balik, hilir mudik dan perihal perjalanan di jalan dan sebagainya serta berhubungan antara sebuah tempat dengan tempat lainnya. (Poerwadarminta)

Lalu lintas didefinisikan sebagai gerak kendaraan dan orang di ruang lalu lintas jalan, adalah prasarana yang diperuntukkan bagi gerak pindah kendaraan, orang, dan/atau barang yang berupa jalan dengan fasilitas pendukungnya. (Undang-Undang No 22 Tahun 2009)

Lalu lintas memiliki 3 (tiga) sistem komponen, diantara lain adalah manusia, kendaraan, dan jalan yang saling berinteraksi dalam pergerakan kendaraan.

2.2. Volume Lalu Lintas

Menurut (Hobbs, 1995) Volume adalah suatu peubah (variable) yang paling penting pada teknik lalu lintas dan pada dasarnya merupakan proses perhitungan yang berhubungan dengan jumlah gerakan persatuan waktu pada lokasi tertentu.

Volume adalah jumlah kendaraan yang melalui satu titik yang tetap pada jalan dalam satuan waktu. Volume lalu lintas dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Morlok, E.K.c1991) berikut:

$$V = \frac{n}{t}$$

Keterangan :

V = Volume lalu lintas yang melalui satu titik

n = Jumlah kendaraan yang melalui titik itu dalam interval waktu pegamatan

t = Waktu Pengamatan

2.3. Jalan

Menurut (UU No. 38 Tahun 2004) Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, dibawah tanah, dibawah permukaan tanah dan/ atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

2.3.1. Klasifikasi dan Bagian-Bagian Jalan

Klasifikasi jalan berdasarkan UU No. 38 Tahun 2004 menurut fungsi jalan terbagi menjadi 4, yaitu sebagai berikut:

1. Jalan arteri, merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
2. Jalan kolektor, merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan lokal, merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
4. Jalan lingkungan, merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat dan kecepatan rata-rata rendah.

Klasifikasi jalan berdasarkan UU No. 38 Tahun 2004 menurut status jalan terbagi menjadi 5, yaitu sebagai berikut:

1. Jalan nasional, merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi dan jalan strategis nasional serta jalan tol.
2. Jalan provinsi, merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota atau antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.
3. Jalan kabupaten, merupakan jalan local dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.
4. Jalan kota, merupakan jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil; menghubungkan antar persil, serta menghubungkan antar pusat pemukiman yang berada dalam kota.
5. Jalan desa, merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar pemukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan yaitu sebagai berikut:

1. Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.

2. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan Maksimum		Muatan Sumbu Terberat (ton)
	Panjang (m)	Lebar (m)	
Arteri	18	2.5	> 10
	18	2.5	10
	18	2.5	8
Kolektor	18	2.5	8
	12	2.5	8
Lokal	9	2.1	8

Sumber : Teknik Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997

Klasifikasi jalan menurut medan jalan yaitu sebagai berikut:

1. Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus kontur.
2. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometric dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Golongan Medan

Golongan Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
Datar	D	< 3
Perbukitan	B	3-15
Pegunungan	G	>25

Sumber : Teknik Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997

2.4. Bagian-Bagian Ruang Jalan

Bagian-bagian ruang jalan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 34 Tahun 2006 tentang jalan, terdapat bagian-bagian ruang jalan, yaitu:

2.4.1. Ruang Manfaat Jalan

Merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman tertentu ditetapkan oleh penyelenggara jalan yang bersangkutan berdasarkan pedoman yang ditetapkan oleh menteri. Rumaja meliputi badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengamanannya. Komponen yang ada dalam rumaja yaitu median, perkerasan jalan, jalur pemisah, bahu jalan, saluran tepi jalan, trotoar, lereng, ambang pengaman, timbunan dan galian, gorong-gorong, perlengkapan jalan dan bangunan pelengkap lainnya.

1. Badan Jalan, hanya diperuntukkan bagi pelayanan lalu lintas dan angkutan jalan. Dalam rangka menunjang pelayanan lalu lintas dan angkutan jalan serta pengamanan konstruksi jalan, badan jalan dilengkapi dengan ruang bebas. Ruang bebas dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman tertentu. Lebar ruang bebas disesuaikan dengan lebar badan jalan. Tinggi dan kedalaman ruang bebas ditetapkan oleh penyelenggara jalan yang bersangkutan berdasarkan pedoman yang ditetapkan dalam peraturan menteri. Tinggi ruang bebas jalan arteri dan kolektor paling rendah 5 (lima) meter. Kedalaman ruang bebas bagi jalan arteri dan jalan kolektor paling rendah 1,5 (satu koma lima) meter dari permukaan jalan.
2. Saluran tepi, saluran tepi jalan hanya diperuntukkan bagi penampung dan penyaluran air agar badan jalan bebas dari pengaruh air. Ukuran saluran tepi jalan ditetapkan sesuai dengan lebar permukaan jalan dan keadaan

lingkungan, saluran tepi jalan dibangun dengan konstruksi yang mudah dipelihara secara rutin. Dimensi dan ketentuan teknis saluran tepi jalan ditentukan berdasarkan pedoman yang ditetapkan dalam peraturan menteri.

3. Ambang pengaman, ambang pengaman jalan berupa bidang tanah dan/ konstruksi bangunan pengaman yang berada diantara tepi badan jalan dan batas ruang manfaat jalan yang hanya diperuntukkan bagi pengamanan konstruksi jalan.

2.4.2. Ruang Milik Jalan

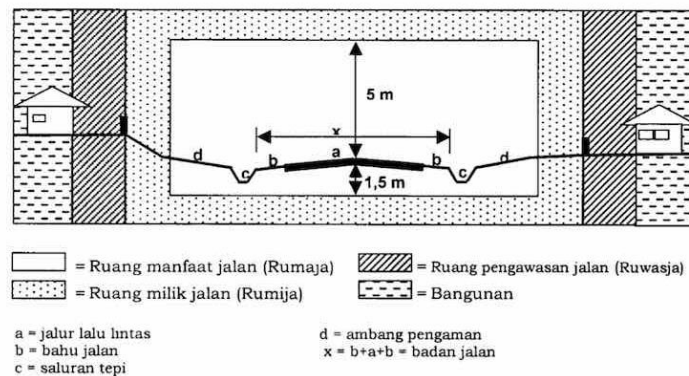
Diperuntukkan bagi ruang manfaat jalan, pelebaran jalan, dan penambahan jalur lalu lintas di masa akan datang serta kebutuhan ruang untuk pengamanan jalan. Rumija terdiri dari rumaja dan sejalur tanah tertentu di luar rumaja. Sejalur tanah di luar rumaja tersebut dapat dimanfaatkan sebagai ruang terbuka hijau yang berfungsi sebagai lansekap jalan. Seperti halnya rumaja, rumija dibatasi oleh lebar, kedalaman, dan tinggi tertentu. Rumija paling sedikit memiliki lebar sebagai berikut:

- Jalan bebas hambatan 30 (tiga puluh) meter.
- Jalan raya 25 (dua puluh lima) meter.
- Jalan sedang 15 (lima belas) meter.
- Jalan kecil 11 (sebelas) meter.
- Rumaja diberi tanda batas tertentu yang ditetapkan oleh penyelenggara jalan.

2.4.3. Ruang Pengawasan Jalan

Merupakan ruang tertentu di luar rumija yang penggunaannya ada di bawah pengawasan penyelenggara jalan. Ruwasja diperuntukkan bagi pandangan bebas pengemudi dan pengamanan konstruksi jalan serta pengamanan fungsi jalan. Ruwasja dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu. Jika lebar rumija tidak mencukupi, maka lebar ruwasja ditentukan dari tepi badan jalan paling sedikit dengan ukuran sebagai berikut:

- Jalan arteri primer 15 (lima belas) meter.
- Jalan kolektor primer 10 (sepuluh) meter.
- Jalan lokal primer 7 (tujuh) meter.
- Jalan lingkungan primer 5 (lima) meter.
- Jalan arteri sekunder 15 (lima belas) meter.
- Jalan kolektor sekunder 5 (lima) meter.
- Jalan lokal sekunder 3 (tiga) meter.
- Jalan lingkungan sekunder 2 (dua) meter
- Jembatan 100 (seratus) meter ke arah hilir dan hulu.



Gambar 2.1 Ruang Jalan

Sumber : Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 34 Tahun 2006 Pasal 33

2.5. Karakteristik Lalu Lintas

Karakteristik umum dari pergerakan lalu lintas sering dinyatakan oleh volume lalu lintas, kecepatan dan kepadatan lalu lintas. Volume lalu lintas, kecepatan dan kepadatan lalu lintas saling berhubungan satu sama lain dalam operasional lalu lintas di jalan. (Manek & Rusli, 2014)

2.6. Simpang

Menurut (Morlok, 1978) simpang merupakan suatu daerah yang didalamnya terdapat dua atau lebih cabang jalan yang bertemu atau bersilangan, termasuk didalamnya fasilitas yang diperlukan untuk menunjang pergerakan lalu lintas. Berdasarkan peraturan arus lalu lintas pada simpang, simpang dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Simpang Bersinyal

Pada simpang bersinyal arus kendaraan yang memasuki persimpangan diatur secara bergantian untuk mendapatkan prioritas dengan berjalan terlebih dahulu dengan menggunakan pengendali lalu lintas.

2. Simpang Tak Bersinyal

Simpang tak bersinyal merupakan jenis simpang yang banyak dijumpai di daerah perkotaan. Pada simpang ini berlaku aturan *General Priority Rule*, yaitu kendaraan yang terlebih dahulu berada di persimpangan mempunyai hak untuk berjalan terlebih dahulu daripada kendaraan yang akan memasuki persimpangan.

2.7. Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal adalah suatu persimpangan yang terdiri dari beberapa lengan serta dilengkapi dengan pengaturan sinyal lampu lalu lintas (*traffic light*). Berdasarkan (MKJI, 1997) tujuan penggunaan sinyal lampu lalu lintas pada persimpangan antara lain:

1. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak.
2. Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk memotong jalan.
3. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan dari arah yang bertentangan.

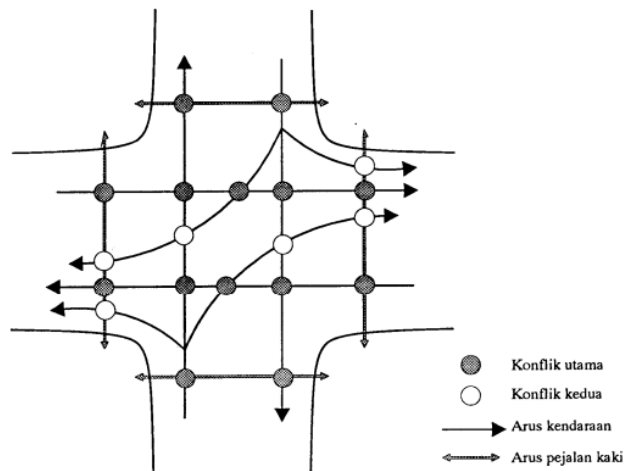
2.7.1. Karakteristik Sinyal Lalu Lintas

Karakteristik sinyal lalu lintas berdasarkan (MKJI, 1997) untuk sebagian besar fasilitas jalan, kapasitas dan perilaku lalu-lintas terutama adalah fungsi dari keadaan geometrik dan tuntutan lalu-lintas. Dengan menggunakan sinyal, perancang atau insinyur dapat mendistribusikan kapasitas kepada berbagai pendekat melalui pengalokasian waktu hijau pada masing-masing pendekat. Maka dari itu untuk menghitung kapasitas dan perilaku lalu-lintas, pertama-tama perlu ditentukan fase dan waktu sinyal yang paling sesuai untuk kondisi yang ditinjau.

Penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna (hijau, kuning, merah) diterapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu-lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu. Penggunaan sinyal dengan lampu

tiga warna (hijau, kuning, merah) diterapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu-lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu.

Hal ini adalah keperluan yang mutlak bagi gerakan-gerakan lalu-lintas yang datang dari jalan-jalan yang saling berpotongan = konflik-konflik utama. Sinyal-sinyal dapat juga digunakan untuk memisahkan gerakan membelok dari pejalan kaki yang menyeberang = konflik-konflik kedua.



Gambar 2.2 Konflik-Konflik Utama Dan Kedua Pada Simpang Bersinyal Dengan Empat Lengan

Sumber : MKJI, 1997

Jika hanya konflik-konflik primer yang dipisahkan, maka adalah mungkin untuk mengatur sinyal lampu lalu-lintas hanya dengan dua fase, masing-masing sebuah untuk jalan yang berpotongan.

2.7.2. Komposisi Arus

Pemisah arah lalu-lintas: kapasitas jalan dua arah paling tinggi pada pemisah arah 50 – 50, yaitu jika arus pada kedua arah adalah sama pada periode waktu yang dianalisa (umumnya satu jam). Komposisi lalu-lintas mempengaruhi hubungan kecepatan arus jika arus dan kapasitas dinyatakan dalam kend/smp, yaitu tergantung pada rasio sepeda motor atau kendaraan

berat dalam arus lalu-lintas. Jika arus dan kapasitas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp), maka kecepatan kendaraan ringan dan kapasitas (smp/jam) tidak dipengaruhi oleh komposisi lalu-lintas.

2.7.3. Pengaturan Lalu Lintas

Batas kecepatan jarang diberlakukan di daerah perkotaan, dan karenanya hanya sedikit berpengaruh pada kecepatan arus bebas. Aturan lalu-lintas lainnya yang berpengaruh pada kinerja lalu-lintas adalah: pembatasan parkir dan berhenti sepanjang sisi jalan, pembatasan akses tipe kendaraan tertentu, pembatasan akses dari lahan samping jalan dan sebagainya.

2.7.4. Aktivitas Samping Jalan

Banyak aktivitas samping jalan yang sering menimbulkan konflik yang terkadang dapat berdampak besar pengaruhnya terhadap arus lalu-lintas. Pengaruh konflik ini disebut “hambatan samping”. Hambatan samping yang terutama dapat berpengaruh pada kapasitas dan kinerja jalan perkotaan adalah:

1. Pejalan kaki,
2. Angkutan umum dan kendaraan lain berhenti,
3. Kendaraan lambat (becak, kereta kuda),
4. Kendaraan keluar dan masuk dari lahan disamping jalan.

Untuk menyederhanakan dalam prosedur perhitungan, tingkat hambatan samping telah dikelompokkan dalam lima kelas, dimulai dari sangat rendah sampai sangat tinggi sebagai fungsi dan frekuensi kejadian hambatan samping sepanjang segmen jalan yang diamati.

Tabel 2.3 Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan Samping	Kode	Jumlah Bobot Kejadian per 200 m Per Jam (Dua Sisi)	Kondisi Khusus
Sangat Rendah	VL	< 100	Daerah pemukiman, jalan dengan jalan samping.
Rendah	L	100 - 299	Daerah pemukiman, beberapa kendaraan umum dsb.
Sedang	M	300 - 499	Daerah industry, beberapa toko di sisi jalan.
Tinggi	H	500 – 899	Daerah komersial dengan aktivitas sisi jalan tinggi.
Sangat Tinggi	VH	> 900	Daerah komersial dengan aktivitas pasar di samping jalan.

Sumber : MKJI, 1997

2.7.5. Perilaku Pengemudi Dan Populasi Kendaraan

Perilaku pengemudi dan populasi kendaraan (umur, tenaga dan kondisi kendaraan, komposisi kendaraan) adalah beraneka ragam. Karakteristik ini dimasukkan dalam prosedur perhitungan secara tidak langsung, melalui ukuran kota. Kota yang lebih kecil menunjukkan perilaku pengemudi yang kurang gesit dan kendaraan yang kurang modern, menyebabkan kapasitas dan kecepatan lebih rendah pada arus tertentu jika dibandingkan dengan kota yang lebih besar.

2.7.6. Metodologi Analisa Simpang Bersinyal

Menurut (MKJI, 1997) metodologi untuk analisa simpang bersinyal yang diuraikan di bawah ini, didasarkan pada prinsip-prinsip utama sebagai berikut:

1. Geometri

Perhitungan dikerjakan secara terpisah untuk setiap pendekat. Satu lengan simpang dapat terdiri lebih dari satu pendekat, yaitu dipisahkan menjadi dua atau lebih sub-pendekat. Hal ini terjadi jika gerakan belok-kanan dan/atau belok-kiri mendapat sinyal hijau pada fase yang berlainan dengan lalu-lintas yang lurus, atau jika dipisahkan secara fisik dengan pulau-pulau lalu-lintas dalam pendekat. Untuk masing-masing pendekat atau sub-pendekat lebar efektif (W_e) ditetapkan dengan mempertimbangkan denah dari bagian masuk dan ke luar suatu simpang dan distribusi dari gerakan-gerakan membelok.

2. Arus Lalu-Lintas

Perhitungan dilakukan per satuan jam untuk satu atau lebih periode, misalnya didasarkan pada kondisi arus lalu-lintas rencana jam puncak pagi, siang dan sore. Arus lalu-lintas (Q) untuk setiap gerakan (belok-kiri Q_{LT} lurus Q_{ST} dan belok-kanan Q_{RT}) dikonversi dari kendaraan per-jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per-jam dengan menggunakan ekuivalen kendaraan penumpang (smp) untuk masing-masing pendekat terlindung dan terlawan.

Tabel 2.4 Arus Lalu Lintas

Jenis Kendaraan	Emp Untuk Tipe Pendekat:	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda Motor (MC)	0,2	0,4

Sumber : MKJI, 1997

3. Model Dasar

Kapasitas pendekat simpang bersinyal dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$C = S \times \frac{g}{c}$$

Dimana:

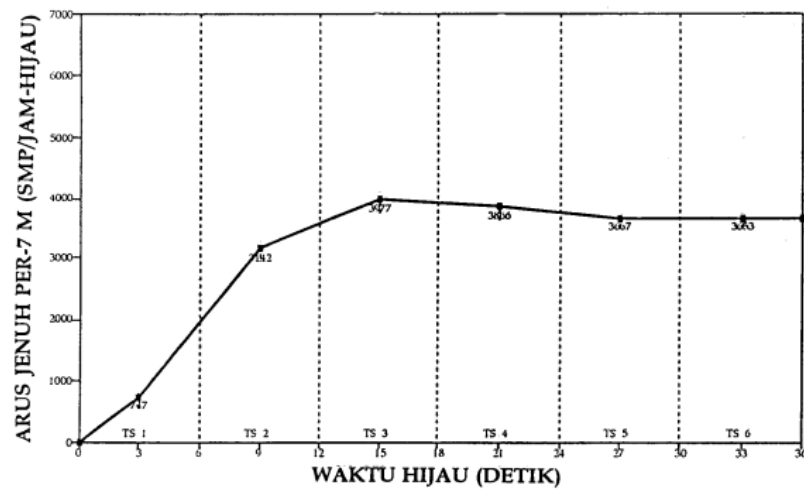
C = Kapasitas (smp/jam)

S = Arus jenuh, yaitu arus berangkat rata-rata dari antrian dalam pendekat selama sinyal hijau (smp/jam hijau = smp per-jam hijau)

g = Waktu hijau (det)

c = Waktu siklus, yaitu selang waktu untuk urutan perubahan sinyal yang lengkap (yaitu antara dua awal hijau yang berurutan pada fase yang sama)

Oleh karena itu perlu diketahui atau ditentukan waktu sinyal dari simpang agar dapat menghitung kapasitas dan ukuran perilaku lalu-lintas lainnya. Pada rumus di atas, arus jenuh dianggap tetap selama waktu hijau. Meskipun demikian dalam kenyataannya, arus berangkat mulai dari 0 pada awal waktu hijau dan mencapai nilai puncaknya setelah 10-15 detik. Nilai ini akan menurun sedikit sampai akhir waktu hijau, lihat Gambar di bawah.



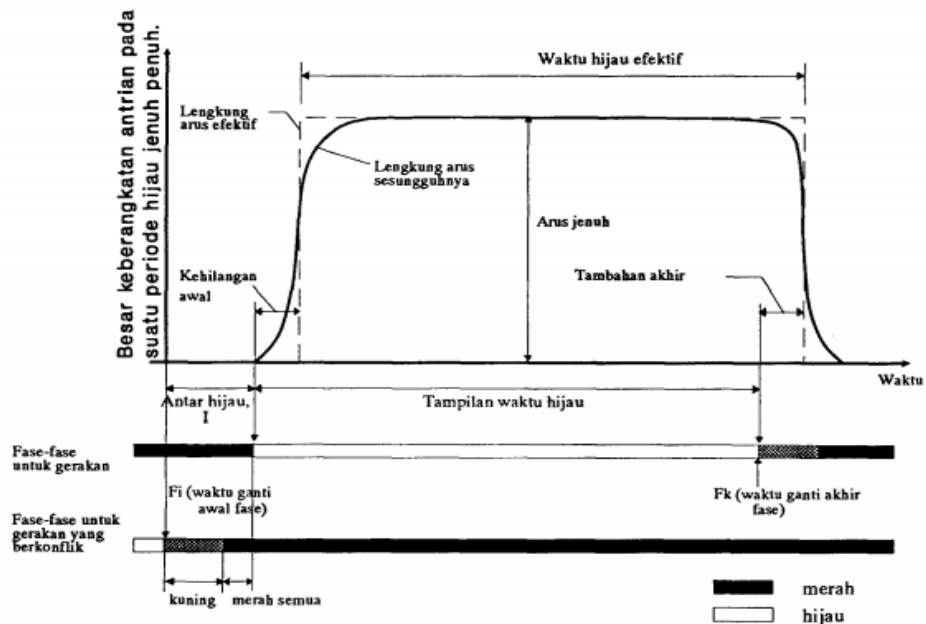
Gambar 2.3 Arus Jenuh Yang Diamati Per Selang Waktu Enam Detik

Sumber : MKJI, 1997

Arus berangkat juga terus berlangsung selama waktu kuning dan merah-semua hingga turun menjadi 0, yang biasanya terjadi 5 - 10 detik setelah awal sinyal merah

Permulaan arus berangkat menyebabkan terjadinya apa yang disebut sebagai 'Kehilangan awal' dari waktu hijau efektif, arus berangkat setelah akhir waktu hijau menyebabkan suatu 'Tambahkan akhir' dari waktu hijau efektif, lihat Gambar dibawah ini. Jadi besarnya waktu hijau efektif, yaitu lamanya waktu hijau di mana arus berangkat terjadi dengan besaran tetap sebesar S, dapat kemudian dihitung sebagai:

Waktu Hijau Efektif = Tampilan waktu hijau - Kehilangan awal +
 Tambahan akhir



Gambar 2.4 Model Dasar Untuk Arus Jenuh (Akceklík 1989)

Sumber : MKJI, 1997

2.7.7. Prosedur Perhitungan Simpang Bersinyal

Dengan menerapkan metoda-metoda yang diuraikan dalam prosedur perhitungan simpang bersinyal untuk memperkirakan pengaruh penggunaan sinyal terhadap kapasitas dan perilaku lalu-lintas jika dibandingkan dengan pengaturan tanpa sinyal atau pengaturan bundaran. Prosedur perhitungan simpang bersinyal ini menguraikan mengenai tata cara untuk menentukan waktu sinyal, kapasitas, dan perilaku lalu lintas (tundaan, panjang antrian, dan rasio kendaraan terhenti) pada simpang bersinyal di daerah perkotaan maupun semi perkotaan berdasarkan data-data yang ada dilapangan untuk kemudian diolah sesuai urutan pengerjaan hingga didapatkan nilai Level Of Service (LOS) yang diharapkan.

2.7.8. Kondisi Geometrik, Pengaturan Lalu Lintas Dan Kondisi Lingkungan

Pada kondisi geometrik Perhitungan dikerjakan secara terpisah untuk setiap pendekat. Satu lengan simpang dapat terdiri lebih dari satu pendekat, yaitu dipisahkan menjadi dua atau lebih sub-pendekat. Untuk masing-masing pendekat atau sub-pendekat lebar efektif (W_e) ditetapkan dengan mempertimbangkan denah dari bagian masuk dan ke luar suatu simpang dan distribusi dari gerakan-gerakan membelok.

Dari gerakan-gerakan membelok. Data-data yang ada dimasukkan kedalam formulir sesuai dengan perintah yang ada pada masing-masing kolom yang tersedia pada MKJI 1997.

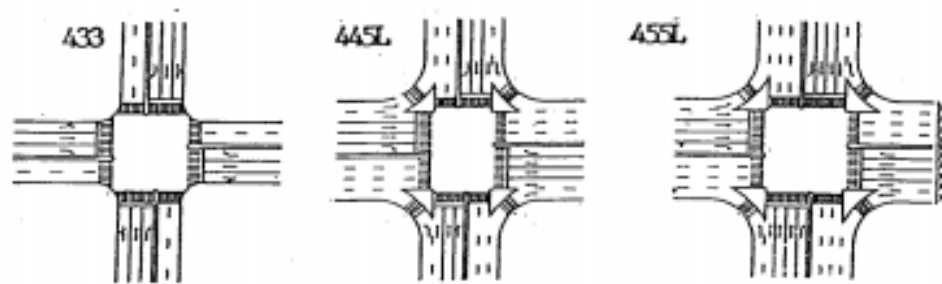
1. Umum, mengisi tanggal, dikerjakan oleh, kota, simpang, kasus (misalnya Alternatif 1/ mis. Alt. I) dan periode waktu (misalnya puncak pagi) pada bagian judul formulir.
2. Ukuran kota, memasukkan jumlah penduduk perkotaan (ketelitian 0,1 jt penduduk).
3. Pengaturan fase dan waktu sinyal Fase adalah bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijau disediakan bagi kombinasi tertentu dari gerakan lalu lintas. MKJI memberikan waktu siklus yang disarankan untuk keadaan yang berbeda seperti pada Tabel berikut:

Tabel 2.5 Pengaturan Fase Dan Waktu Sinyal

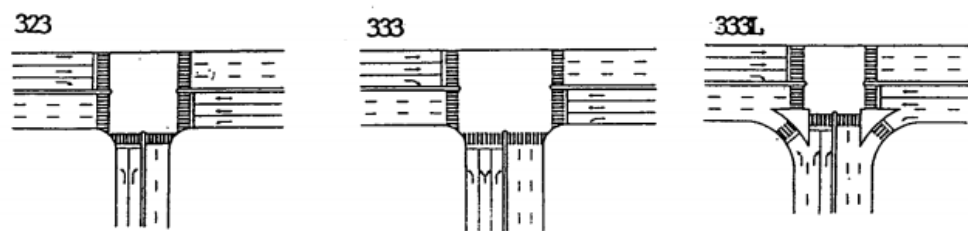
Tipe Pengaturan	Waktu Siklus Yang Layak (det)
Pengaturan Dua-Fase	40-80
Pengaturan Tiga-Fase	50-100
Pengaturan Empat-Fase	80-130

Sumber : MKJI, 1997

4. Belok kiri langsung, menentukannya dalam diagram fase dalam pendekatan mana gerakan belok kiri langsung diijinkan / LTOR (gerakan membelok tersebut dapat dilakukan dalam semua fase tanpa memperhatikan isyarat lalu-lintas).
5. Sketsa persimpangan, menggunakan runag kosong pada bagian tengah dari formulir untuk membuat sketsa simpang dan memasukkan data geometrik yang diperlukan :
 - Denah dan posisi-posisi pendekatan-pendekat, pulau-pulau lalu lintas, garis henti, penyeberangan pejalan kaki, marka lajur dan marka panah.
 - Lebar (ketelitian sampai sepersepuluh meter terdekat) dari bagian pendekatan yang diperkeras, tempat masuk dan keluar.
 - Panjang lajur dengan garis menerus/ garis larangan (ketelitian sampai meter terdekat)
 - Gambar suatu panah yang menunjukkan arah Utara pada sketsa. Jika tata letak dan desain persimpangan tidak diketahui, untuk analisis gunakan asumsi sesuai dengan nilai-nilai dasar di atas. Jenis – jenis persimpangan dapat dilihat pada Gambar.



Gambar 2. 5 Jenis-Jenis Simpang Empat Lengan



Gambar 2. 6 Jenis-Jenis Simpang Tiga Lengan

Sumber: MKJI, 1997

6. Kode pendekat, menggunakan arah mata angin (Utara, Selatan, Timur, Barat) atau tanda lainnya yang jelas untuk menamakan pendekat-pendekat tersebut. Perhatikan bahwa lengan simpang dapat dibagi oleh pulau lalu lintas menjadi dua pendekat atau lebih mulut persimpangan misal N(LT+ST), N(RT).
7. Tipe lingkungan jalan, mengisi tipe lingkungan jalan untuk setiap pendekat:
 - Komersial (COM) : tata guna lahan komersial sebagai contoh toko, restoran, kantor dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
 - Pemukiman (RES) : tata guna lahan tempat tinggal dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
 - Akses Terbatas (RA) : jalan masuk langsung terbatas atau tidak ada

sama sekali.

8. Tingkat hambatan samping, memasukan tingkat hambatan samping :
 - Tinggi : Jika Besar arus berangkat pada tempat masuk (entry) dan keluar (exit) berkurang oleh karena aktivitas disamping jalan pada pendekat seperti angkutan umum berhenti, pejalan kaki berjalan sepanjang atau melintas pendekat, keluar-masuk halaman disamping jalan dsb.
 - Rendah : Jika besar arus berangkat pada tempat masuk dan keluar tidak berkurang oleh hambatan samping dari jenis - jenis yang disebut di atas.
9. Median, memasukkan median (bagian dari jalan yang tidak dapat dilalui kendaraan dengan bentuk memanjang sejajar jalan, terletak disumbu tengah jalan dimaksudkan untuk memisahkan arus lalu lintas yang berlawanan) jika terdapat median pada bagian kanan dari garis henti dalam pendekat .
10. Kelandaian (%), memasukkan kelandaian dalam % (naik = + % ; turun = - %)
11. Belok kiri langsung/ LTOR, memasukkan jika belok kiri langsung (LTOR) diijinkan (Ya/Tidak) pada pendekat tersebut.
12. Jarak kendaraan parker, memasukkan jarak normal antara garis henti dan kendaraan parkir pertama yang diparkir disebelah hulu pendekat, untuk kondisi yang dipelajari.
13. Lebar pendekat, masukan sketsa, lebar (ketelitian sampai sepersepuluh meter terdekat) bagian yang diperkeras dari masing masing pendekat

(hulu dari titik belok untuk LTOR), Belok kiri Langsung, tempat masuk (pada garis henti) dan Tempat Keluar (bagian tersempit setelah melewati jalan melintang).

2.7.9. Kondisi Arus Lalu-Lintas

Data – data mengenai kondisi lalu lintas dimasukkan kedalam formulir SIG-II (MKJI 1997), dimana perhitungan dilakukan persatuan jam untuk satu atau lebih periode, misalnya ddasarkan pada kondisi arus lalu lintas rencana jam puncak pagi, siang dan sore.

Arus lalu lintas (Q) untuk setiap gerakan (belok kiri QLT, lurus QST, belok kanan QRT) dikonversi dari kendaraan perjam menjadi satuan mobil penumpang (smp) untuk masing-masing pendekatan baik terlindung maupun terlawan.

Arus lalu lintas dihitung dalam (smp/jam) dimana nilai koefisiennya (emp) tergantung dari jenis kendaraan dan tipe pendekatnya. Nilai-nilai koefisien smp selengkapnya dapat dilihat Tabel berikut :

Tabel 2.6 Koefisien Kendaraan

Jumlah Kendaraan	Emp Untuk Tipe Pendekat	
	Terlindung	Terlawan
LV (Kendaraan Ringan)	1.00	1.00
HV (Kendaraan Berat)	1.30	1.30
MC (Sepeda Motor)	0.20	0.40

Sumber: MKJI, 1997

Pada masing-masing pendekatan yang terdapat arus belok kanan maupun belok kiri harus dihitung rasio kendaraan belok kiri P_{LT} dan rasio belok kanan P_{RT} dengan :

$$P_{RT} = \frac{RT \text{ (smp/jam)}}{\text{Total (smp/jam)}}$$

$$P_{LT} = \frac{LT \text{ (smp/jam)}}{\text{Total (smp/jam)}}$$

Rumus bernilai sama untuk pendekat terlawan maupun terlindung :

LT = Arus lalu lintas yang belok kiri

RT = Arus lalu lintas yang belok kanan

P_{LT} = Rasio kendaraan belok kiri

P_{RT} = Rasio kendaraan belok kanan

Kemudian untuk kendaraan tidak bermotor yang terdapat pada tiap pendekat dihitung rasionya dengan membagi arus kendaraan tidak bermotor (Q_{UM}) kend/jam dengan arus kendaraan bermotor (Q_{MV}) kend/jam, dimana perhitungan ini berfungsi untuk menentukan factor penyesuaian hambatan samping pada tiap kode pendekat.

$$P_{UM} = \frac{Q_{UM}}{Q_{MV}}$$

Dimana:

P_{UM} = Rasio kendaraan tidak bermotor

Q_{UM} = Arus kendaraan tidak bermotor (smp/jam)

Q_{MV} = Arus kendaraan bermotor (smp/jam)

2.8. Kinerja Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas

2.8.1. Fase Sinyal

Sebagai pedoman awal, pengaturan dua fase dicoba sebagai kejadian dasar, karena biasanya menghasilkan kapasitas yang lebih besar dan tundaan rata-rata lebih rendah dari pada tipe fase sinyal lain dengan pengatur fase yang

biasa dengan pengatur fase konvensional. Arus berangkat belok kanan pada fase yang berbeda dari gerakan lurus langsung memerlukan lajur (lajur RT) terpisah. Pengaturan terpisah gerakan belok kanan biasanya hanya dilakukan berdasarkan pertimbangan kapasitas jika arus melebihi 200 smp/ jam. Hal ini dilakukan untuk keselamatan lalu lintas dalam keadaan tertentu

2.8.2. Waktu Antar Hijau Dan Waktu Hilang

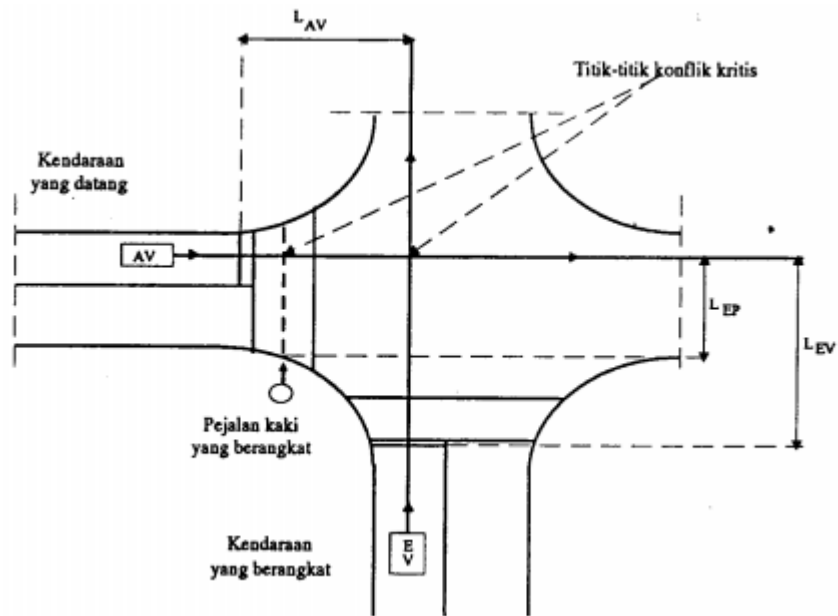
Untuk keperluan analisa operasional dan perencanaan, disarankan untuk membuat suatu perhitungan rinci waktu antar hijau untuk waktu pengosongan dan waktu hilang dengan formulir SIG-III. Analisis untuk keperluan perencanaan, nilai normal untuk waktu hijau antara selengkapnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.7 Waktu Antar Hijau

Ukuran Simpang	Lebar Jalan Rata-Rata	Nilai Normal Waktu Hijau
Kecil	6 – 9 m	4 det/fase
Sedang	10 – 14 m	5 det/fase
Besar	≥ 15 m	≥ 6 det/fase

Sumber: MKJI 1997

Waktu merah semua (all Red) diperlukan untuk pengosongan pada akhir setiap fase harus memberi kesempatan bagi kendaraan terakhir (melewati garis henti pada akhir sinyal kuning) berangkat dari titik konflik sebelum kedatangan kendaraan yang datang pertama dari fase berikutnya (melewati garis henti pada awal sinyal hijau) pada titik yang sama. Jadi merah semua (all red) merupakan fungsi dari kecepatan dan jarak dari kendaraan yang berangkat dan datang dari garis henti sampai ketitik konflik dan panjang dari kendaraan berangkat.



Gambar 2.7 Titik Konflik Kritis Dan Jarak Untuk Keberangkatan Dan Kedatangan

Sumber : MKJI, 1997

Titik konflik kritis pada masing – masing fase (I) adalah titik yang menghasilkan waktu merah semua terbesar:

$$\text{Merah Semua } A_i = \left[\frac{(L_{EV} + l_{ev})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right]_{MAX}$$

Dimana :

L_{EV}, L_{AV} = Jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m)

l_{EV} = Panjang kendaraan yang berangkat (m)

V_{EV}, V_{AV} = Kecepatan masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/det).

Nilai-nilai yang dipilih untuk V_{EV} , V_{AV} , dan l_{EV} tergantung dari komposisi lalu-lintas dan kondisi jalan pada lokasi. Nilai-nilai berikut untuk sementara dapat dipilih dengan ketiadaan aturan di Indonesia sebagai berikut:

1. Kecepatan kendaraan yang datang

$$V_{AV} = 10 \text{ m/det (kendaraan bermotor)}$$

2. Kecepatan kendaraan yang berangkat

$$V_{EV} = 10 \text{ m/det (kendaraan bermotor)}$$

3 m/det (kendaraan tak bermotor misalnya sepeda)

1,2 m/det (pejalan kaki)

3. Panjang kendaraan yang berangkat

$$I_{EV} = 5 \text{ m (LV atau HV)}$$

$$2 \text{ m (MC atau UM)}$$

Apabila periode merah-semua untuk masing-masing akhir fase telah ditetapkan, waktu hilang (LTI) untuk simpang dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu-waktu antar hijau:

$$LTI = \sum (\text{MERAH SEMUA} + \text{KUNING})_i = \sum I_{gi}$$

Dimana:

LTI = Waktu hilang

I_{gi} = Waktu antar hijau

Panjang waktu kuning pada sinyal lalu-lintas perkotaan di Indonesia biasanya adalah 3,0 detik – 5,0 detik.

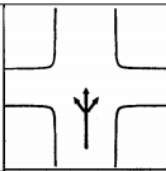
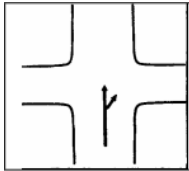
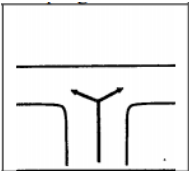
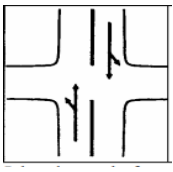
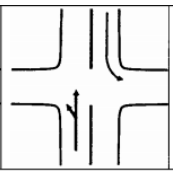
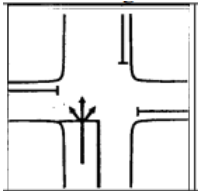
2.8.3. Penentuan Waktu Sinyal

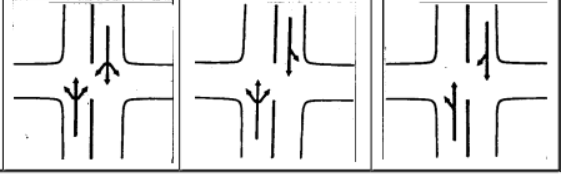
1. Tipe Pendekat

Menentukan tipe dari setiap pendekat terlindung (P) atau terlawan (O) dengan melihat dari gambar rencana. Apabila dua gerakan lalu lintas pada suatu pendekat diberangkatkan pada fase yang berbeda harus dicatat pada baris terpisah dan diperlakukan sebagai pendekat dalam perhitungan

selanjutnya. Apabila suatu pendekat mempunyai nyala hijau pada dua fase dimana pada keadaan tersebut tipe lajur dapat berbeda untuk masingmasing fase, satu baris sebaiknya digunakan untuk mencatat data masingmasing fase dan satu baris untuk digabungkan pada pendekat tersebut.

Tabel 2.8 Penentuan Tipe Pendekat

Tipe Pendekat	Keterangan	Contoh Pola-Pola Pendekatan		
Terlindung P	Arus berangkat tanpa konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	<p>Jalan Satu Arah</p> 	<p>Jalan Satu Arah</p> 	<p>Simpang T</p> 
		<p>Jalan Dua Arah</p> 	<p>Gerakan Belok Kanan Terbatas</p> 	
		<p>Jalan Dua Arah, Fase Sinyal Terpisah Untuk Masing-Masing Arah</p> 		

Terlawan O	Arus berangkat dengan konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	<p>Jalan dua arar, arus berangkat dari arah-arah berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak terbatas.</p> 
---------------	---	--

Sumber: MKJI, 1997

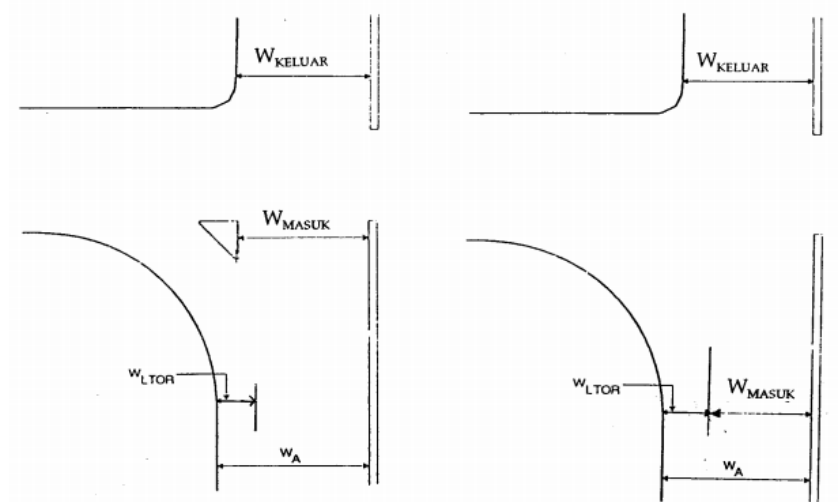
2. Lebar Pendekat Efektif

Lebar efektif (W_E) dapat dihitung berdasarkan informasi tentang lebar pendekat (W_A), lebar masuk (W_{MASUK}) dan lebar keluar (W_{KELUAR}), dan rasio lalu lintas berbelok.

- a. Prosedur untuk pendekat tanpa belok kiri langsung (LTOR) Lebar keluar (hanya untuk pendekat tipe P)

Jika $W_{KELUAR} < W_e \times (1 - P_{RT} - P_{LTOR})$, W_e sebaiknya diberi nilai baru yang sama dengan W_{KELUAR} dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalu lintas lurus saja (yaitu $Q = Q_{ST}$).

- b. Prosedur untuk pendekat dengan belok kiri langsung (LTOR) Lebar efektif W_e dapat dihitung untuk pendekat dengan pulau lalulintas, penentuan lebar masuk (W_{MASUK}) sebagaimana di tunjukkan pada Gambar. $W_{AMASUK} = W_A - W_{LTOR}$



Gambar 2.8 Pendekatan Dengan Pulau Dan Tanpa Pulau Lalu Lintas

Sumber : MKJI, 1997

- Jika $W_{L\text{TOR}} \geq 2$ m, hal ini dianggap bahwa kendaraan LTOR dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan dalam pendekat selama sinyal merah.

- Langkah A-1, keluarkan lalu-lintas belok-kiri langsung $Q_{L\text{TOR}}$ dari perhitungan selanjutnya pada Formulir SIG-IV (yaitu $Q = Q_{\text{ST}} + Q_{\text{RT}}$) Tentukan lebar pendekat efektif sebagai berikut:

$$W_e = \text{Min} \begin{cases} W_A - W_{L\text{TOR}} \\ W_{\text{MASUK}} \end{cases}$$

- Langkah A-2, memeriksa lebar keluar (hanya untuk pendekat tipe P) jika $W_{\text{KELUAR}} < W_e \times (1 - P_{\text{RT}})$, W_e sebaiknya diberi nilai baru sama dengan W_{KELUAR} , dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalu-lintas lurus saja (yaitu $Q = Q_{\text{ST}}$).

- Jika $W_{L\text{TOR}} < 2$ m, dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan LTOR tidak dapat mendahului antrian kendaraan lainnya dalam

pendekat selama sinyal lemah.

- Langkah B-1, sertakan Q_{LTOR} pada perhitungan selanjutnya.

$$W_e = \text{Min} \begin{cases} W_A \\ W_{MASUK} + W_{LTOR} \\ W_A \times (1 + P_{LTOR} - W_{LTOR}) \end{cases}$$

- Langkah B-2, periksa lebar keluar (hanya untuk pendekat tipe P).

Jika $W_{KELUAR} < W_e \times (1 - P_{RT} - P_{LTOR})$, W_e sebaiknya diberi nilai baru yang sama dengan W_{KELUAR} , dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalulintas lurus saja (yaitu $Q = Q_{ST}$).

3. Arus Jenuh Dasar

Arus jenuh dasar (S_0) ditentukan untuk setiap pendekat seperti diuraikan dibawah ini, untuk pendekat tipe P (arus terlindung) digunakan persamaan:

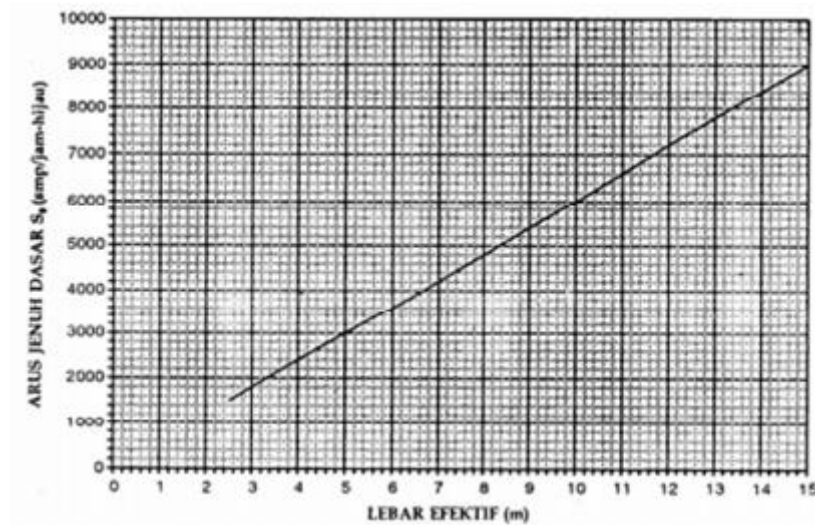
$$S_0 = 600 \times W_e$$

Dimana:

S_0 = Arus jenuh dasar (smp/jam hijau)

W_e = Lebar pendekat efektif (m)

Atau dapat ditentukan dengan menggunakan grafik dibawah ini



Gambar 2.9 Arus Jenuh Dasar Untuk Pendekat P

Sumber MKJI 1997

4. Faktor Penyesuaian

Nilai factor penyesuaian untuk menentukan arus jenuh dasar pada pendekat tipe P dan O adalah sebagai berikut:

- Faktor penyesuaian dari ukuran kota (F_{cs})

Sebagai fungsi dari ukuran kota, berikut faktor penyesuaian kota pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.9 Tabel Penyesuaian Dari Ukuran Kota

Penduduk (Juta Jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{cs})
>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: MKJI 1997

- Faktor penyesuaian hambatan samping (F_{sf})

Sebagai fungsi dari jenis lingkungan jalan tingkat hambatan samping dan rasio kendaraan tak bermotor.

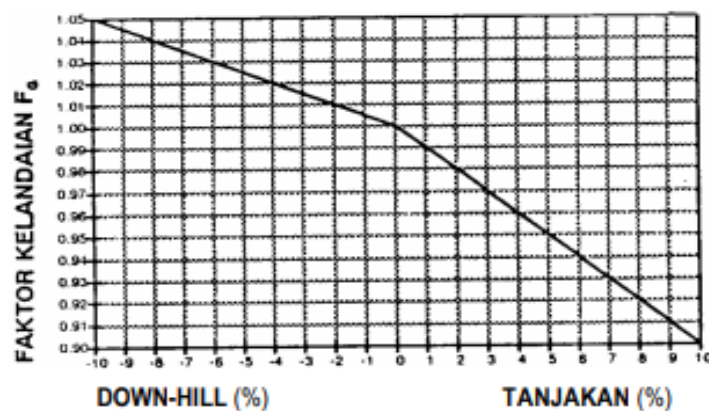
Tabel 2.10 Faktor Penyesuaian Untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, Dan Kendaraan Tak Bermotor (FSF)

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	\geq 0,25
Komersial (COM)	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
Pemukiman (RES)	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 (RA)	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: MKJI 1997

- Faktor penyesuaian kelandaian

Sebagai fungsi dari kelandaian, berikut faktor penyesuaian kelandaian pada grafik dibawah ini.



Gambar 2.10 Faktor Penyesuaian Untuk Kelandaian (FG)

Sumber: MKJI 1997

- Faktor penyesuaian parkir

Sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai kendaraan yang diparkir pertama dan lebar pendekat. Faktor ini juga diterapkan untuk kasus-kasus dengan panjang lajur belok kiri terbatas. Tetapi hal ini tidak perlu diterapkan jika lebar efektif ditentukan oleh lebar keluar.

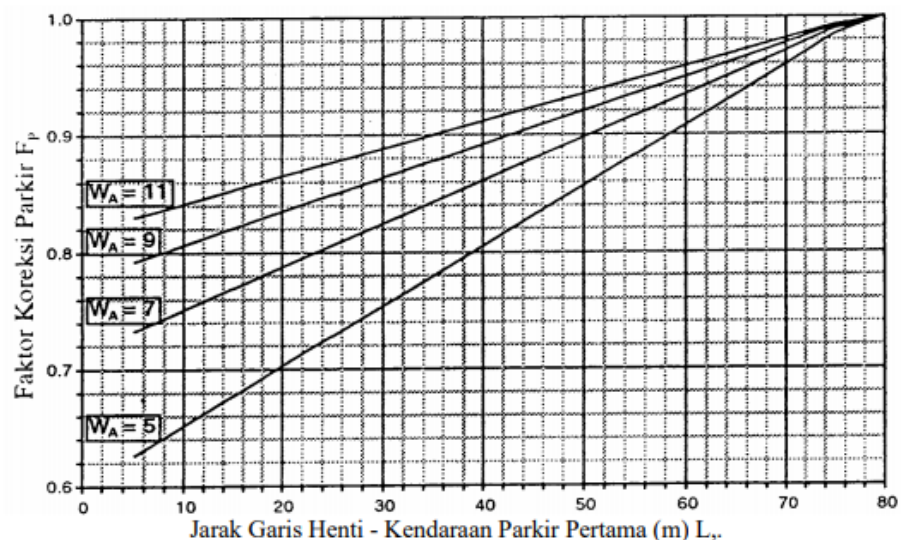
$$F_p = [L_p / 3 - (W_A - 2) \times (L_p / 3 - g / W_A)] / g$$

Dimana:

L_p = Jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m)
(atau panjang dari lajur pendek)

W_A = Lebar pendekat (m)

G = Waktu hijau pada pendekat (nilai normal 26 det)



Gambar 2.11 Faktor Penyesuaian Untuk Pengaruh Parkir Dan Lajur Belok Kiri Yang Pendek (F_p)

Sumber : MKJI, 1997

- Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT})

Faktor penyesuaian belok kanan ditentukan sebagai fungsi dan rasio kendaraan belok kanan P_{RT} . Persamaan dan gambar berikut ini

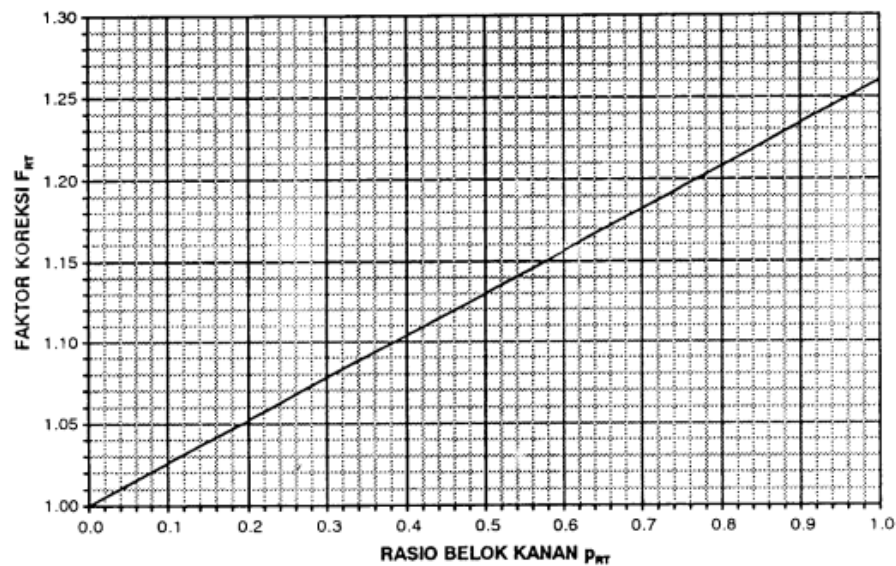
digunakan untuk pendekatan tipe terlindung (P). tanpa median dan jalan dua arah, lebar efektifnya ditentukan oleh lebar masuk.

$$F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \times 0,26$$

Dimana:

F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan

P_{RT} = Faktor kendaraan belok kanan



Gambar 2.12 Faktor Penyesuaian Untuk Belok Kanan (F_{RT})
(Hanya berlaku untuk pendekatan tipe P, jalan dua arah, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk)

Sumber : MKJI 1997

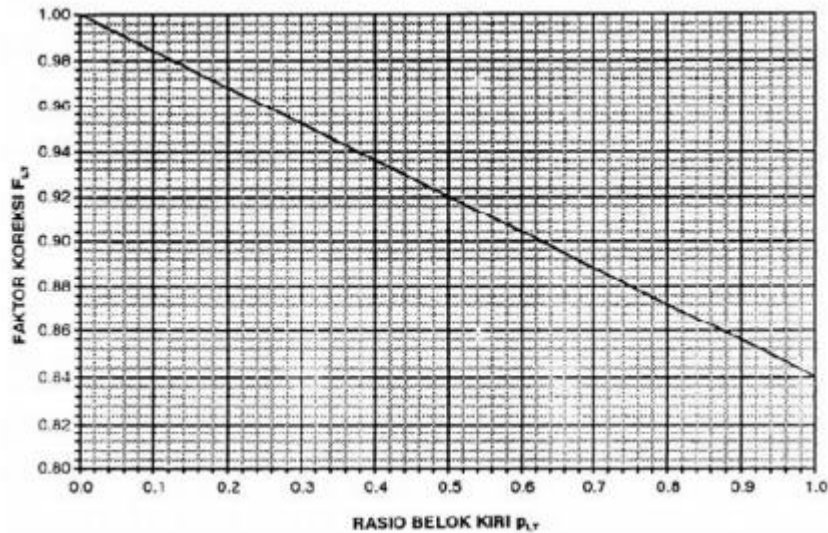
Nilai tersebut dapat diambil dari grafik Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) Faktor penyesuaian belok kiri ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri P_{LT} . Perhitungan hanya digunakan untuk pendekatan tipe P tanpa LTOR dan lebar efektifnya ditentukan oleh lebar masuk. Gambar dan persamaan berikut ini digunakan untuk pendekatan tipe terlindung (P) tanpa LTOR.

$$F_{LT} = 1,0 - P_{LT} \times 0,16$$

Dimana:

F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri

P_{LT} = Rasio kendaraan belok kiri



Gambar 2.13 Faktor Penyesuaian Untuk Pengaruh Belok Kiri (FLT)

(Hanya berlaku untuk pendekat tipe P tanpa belok kiri langsung, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk)

Sumber : MKJI, 1997

5. Nilai Arus Jenuh (S) Yang Disesuaikan

Nilai arus jenuh yang disesuaikan dihitung sesuai dengan persamaan sebagai berikut :

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \dots \text{smp / jam hijau}$$

Dimana :

S = Nilai arus jenuh

S_o = Arus jenuh dasar

F_{SF} = Faktor penyesuaian ukuran kota

F_{CS} = Faktor penyesuaian hambatan samping

F_G = Faktor penyesuaian kelandaian

F_P = Faktor penyesuaian parkir

F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan

F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri

Jika suatu pendekat mempunyai sinyal hijau lebih dari satu fase, yang arus jenuhnya telah ditentukan secara terpisah pada baris yang berbeda dalam Tabel, maka nilai arus jenuh kombinasi harus dihitung secara proporsional terhadap waktu hijau masing-masing fase.

6. Rasio Arus / Arus Jenuh

Data – data arus lalu lintas pada masing-masing pendekat (Q) untuk pendekat terlindung (P) atau untuk pendekat terlawan (O). Hasilnya dimasukkan ke dalam baris untuk fase gabungan tersebut. Rasio arus (FR) masing-masing pendekat dihitung. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$FR = Q/S$$

Dimana:

Q = Arus lalu lintas masing-masing pendekat (smp/jam)

S = Arus jenuh yang disesuaikan (smp/jam)

Rasio arus kritis (FR_{crit} = tertinggi) pada masing-masing fase diberi tanda dengan melingkarinya.

Rasio arus simpang (IFR) dihitung sebagai jumlah dari nilai-nilai FR yang dilingkari (=kritis).

$$IFR = \Sigma (FR_{crit})$$

Dimana:

IFR = Rasio arus simpang

Rasio fase (PR) masing-masing fase dihitung sebagai rasio antara FR_{crit}

dan IFR dan masukkan hasilnya pada kolom 20.

$$PR = FR_{crit} / IFR$$

Dimana :

FR = Rasio arus simpang

PR = Rasio fase

7. Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian (c_{ua})

Waktu siklus sebelum penyesuaian (c_{ua}) dihitung untuk pengendalian waktu tetap, dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini atau dengan menggunakan grafik pada Gambar dibawah .

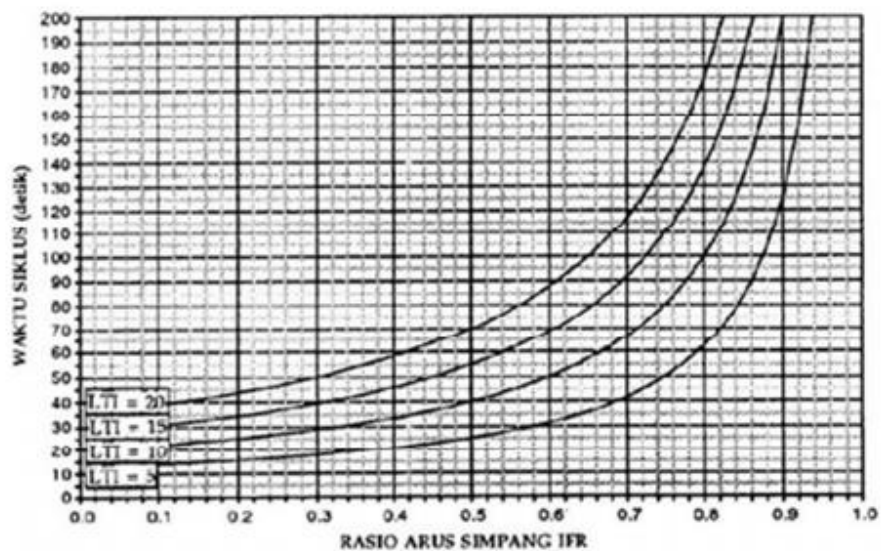
$$c_{ua} = (1,5 \times LTI + 5) / (I - IFR)$$

Dimana:

c_{ua} = Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

IFR = Rasio arus simpang Σ (FR_{crit})



Gambar 2.14 Penetapan Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian

Sumber: MKJI, 1997

Jika alternatif rencana fase sinyal dievaluasi, maka yang menghasilkan nilai terendah dari $(IFR + LT / c)$ adalah yang paling efisien.

Tabel 2.11 Waktu Siklus Yang Disarankan Untuk Keadaan Yang Berbeda

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus Yang Layak (det)
Pengaturan dua-fase	40 – 80
Pengaturan tiga-fase	50 – 100
Pengaturan empat-fase	90 - 130

Sumber: MKJI 1997

- Waktu Hijau

Waktu hijau pada masing-masing fase dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$g_i = (c_{ua} - LTI) \times PR_i$$

Dimana:

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)

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

LTI = Waktu total hilang per siklus

PR_i = Rasio fase $FR_{crit} / \sum FR_{crit}$

Waktu hijau yang lebih pendek dari 10 detik harus dihindari, karena dapat mengakibatkan pelanggaran lampu merah yang berlebihan dan kesulitan bagi pejalan kaki untuk menyeberang jalan.

- Waktu siklus yang disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan (c) berdasarkan pada waktu hijau dan waktu hilang (LTI) yang diperoleh, dan hasilnya dimasukkan pada bagian terbawah dalam kotak dengan tanda waktu siklus yang

disesuaikan.

Waktu siklus yang disesuaikan diperoleh dengan menggunakan persamaan ebagai berikut :

$$c = \Sigma g + LTI$$

Dimana :

c = Waktu siklus

LTI = Waktu hilang

g = Waktu hijau

2.8.4. Kapasitas

Kapasitas adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan (tatap pada suatu bagian jalan dalam kondisi geometrik, lingkungan dan komposisi lalu lintas tertentu. Kapasitas dinyatakan dalam kend/ jam.

1. Kapasitas persimpangan

Kapasitas pada masing-masing pendekat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$C = S \times g / c$$

Dimana :

C = Kapasitas (smp/jam) = arus jenuh dikalikan rasio hijau ($S \times GR$)

S = Nilai arus jenuh

c = Waktu siklus

g = Waktu hijau

Derajat kejenuhan, DS untuk masing-masing pendekat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$DS = Q / C$$

Dimana :

DS = Derajat kejenuhan

C = Kapasitas (smp/jam) = arus jenuh dikalikan rasio hijau ($S \times GR$)

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

Sebagai kontrol jika penentuan waktu sinyal sudah dikerjakan secara benar, DS akan hampir sama dalam semua pendekatan – pendekatan kritis.

2. Keperluan untuk perubahan

Jika waktu siklus yang dihitung lebih besar dari batas atas yang disarankan pada bagian yang sama, derajat kejenuhan (DS) umumnya juga lebih tinggi dari 0,85. Ini berarti bahwa simpang tersebut mendekati lewatjenuh, yang akan menyebabkan antrian panjang pada kondisi lalu-lintas puncak. Kemungkinan untuk menambah kapasitas simpang melalui salah satu dari tindakan berikut, oleh karenanya harus dipertimbangkan:

a. Penambahan lebar pendekat

Jika mungkin untuk menambah lebar pendekat, pengaruh terbaik dari tindakan seperti ini akan diperoleh jika pelebaran dilakukan pada pendekat – pendekat dengan nilai FR kritis tertinggi.

b. Perubahan fase sinyal

Jika pendekat dengan arus berangkat terlawan (tipe O) dan rasio belok kanan (PRT) tinggi menunjukkan nilai FR kritis yang tinggi ($FR > 0,8$), suatu rencana fase alternatif dengan fase terpisah untuk lalu-lintas belok-kanan mungkin akan sesuai. Penerapan fase terpisah untuk lalu- lintas belok kanan mungkin harus disertai dengan

tindakan pelebaran juga. Jika simpang dioperasikan dalam empat fase dengan arus berangkat terpisah dari masing-masing pendekat, karena rencana fase yang hanya dengan dua fase mungkin memberikan kapasitas lebih tinggi, asalkan gerakan-gerakan belok kanan tidak terlalu tinggi (< 200 smp/jam).

c. Pelarangan gerakan - gerakan belok kanan

Pelarangan bagi satu arah lebih gerakan belok kanan biasanya menaikkan kapasitas terutama jika hal itu menyebabkan pengurangan jumlah fase yang diperlukan.

2.9. Perilaku Lalu-Lintas

Penentuan perilaku lalu-lintas pada simpang bersinyal berupa panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti, dan tundaan.

2.9.1. Panjang Antrian

Panjang antrian adalah jumlah rata-rata kendaraan dalam suatu pendekat pada saat awal sinyal hijau. Jumlah antrian smp (NQ_1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. Perhitungannya menggunakan persamaan sebagai berikut:

Untuk $DS > 0,5$:

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

Untuk $DS < 0,5$; $NQ_1 = 0$

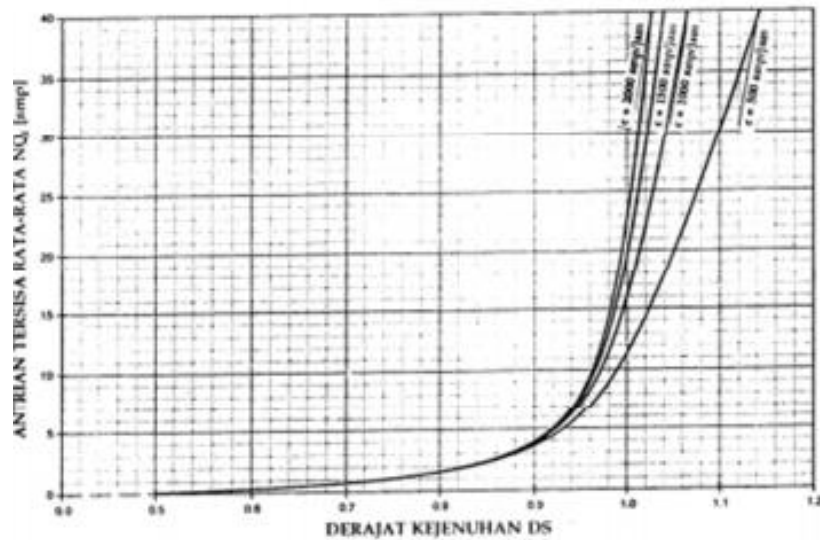
Dimana:

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = Derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau

C = Kapasitas (smp/jam) = arus jenuh dikalikan rasio hijau ($S \times GR$)



Gambar 2.15 Jumlah Kendaraan Antri (smp) Yang Tersisa Dari Fase Hijau Sebelumnya (NQ_1)

Sumber: MKJI, 1997

Jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2) dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

Dimana:

NQ_2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = Derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau

c = Waktu siklus (det)

Q_{masuk} = Arus lalu lintas pada tempat masuk diluar LTOR (smp/jam)

Penjumlahan kendaraan antri dapat dihitung dengan menjumlahkan NQ_1 dan NQ_2 dengan persamaan:

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

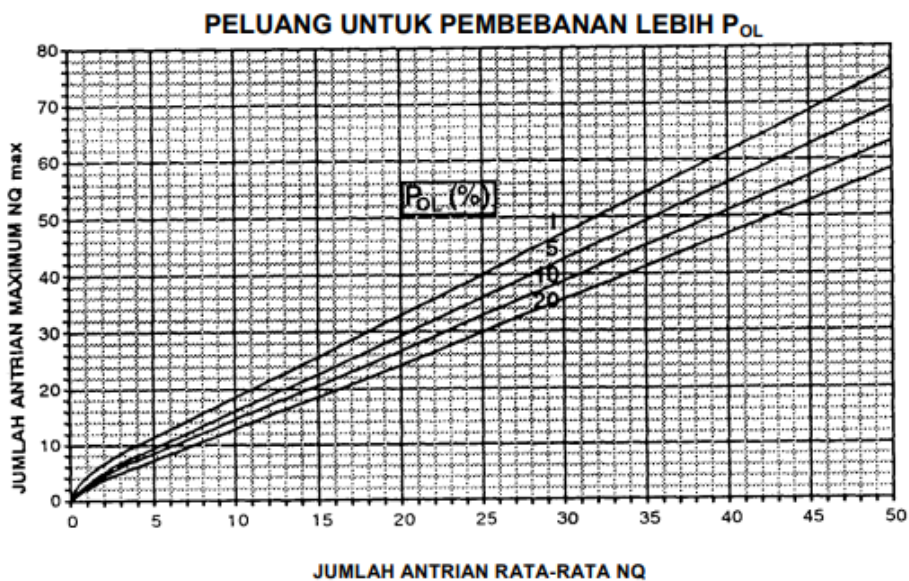
Dimana:

NQ = Jumlah kendaraan antri

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

NQ_2 = Jumlah smp datang selama fase merah

Untuk menyesuaikan nilai NQ dalam hal peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih P_{OL} (%) dan didapat NQ_{MAX} . Untuk perancangan dan perencanaan disarankan $P_{OL} \leq 5\%$, untuk operasi suatu nilai $P_{OL} = 5-10\%$ mungkin dapat diterima. Nilai NQ_{MAX} diperoleh berdasarkan grafik pada gambar berikut.



Gambar 2.16 Perhitungan Jumlah Antrian (NQ_{MAX}) Dalam smp

Sumber: MKJI, 1997

Untuk menghitung panjang antrian pada masing-masing kaki persimpangan digunakan persamaan sebagai berikut:

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}}$$

Dimana:

QL = Panjang antrian (m)

NQ_{MAX} = Jumlah kendaraan antri

W_{MASUK} = Jumlah kendaraan antri

2.9.2. Kendaraan Terhenti

Angka henti (NS) masing-masing pendekatan yang didefinisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian) sebelum melewati persimpangan, dihitung dengan persamaan:

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

Dimana:

NS = Laju henti

c = Waktu siklus (det)

NQ = Arus lalu lintas (smp/jam)

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

Menghitung angka henti seluruh simpang dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekatan dengan arus simpang total Q dalam kend/jam.

$$NS_{TOT} = \frac{\sum N_{SV}}{Q_{TOT}}$$

Dimana:

N_{TOT} = Laju henti rata-rata

N_{SV} = Jumlah kendaraan terhenti s

Q = Arus lalu-lintas (smp/jam)

2.9.3. Tundaan

1. Tundaan adalah waktu menunggu yang disebabkan interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang bertentangan. Menghitung tundaan lalu lintas rata-rata setiap pendekat (DT) akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan lainnya pada simpang sebagai berikut (berdasarkan pada Akcelik 1988). Dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C}$$

Dimana:

DT = Tundaan lalu-lintas rata-rata (det/smp)

c = Waktu siklus yang disesuaikan (det)

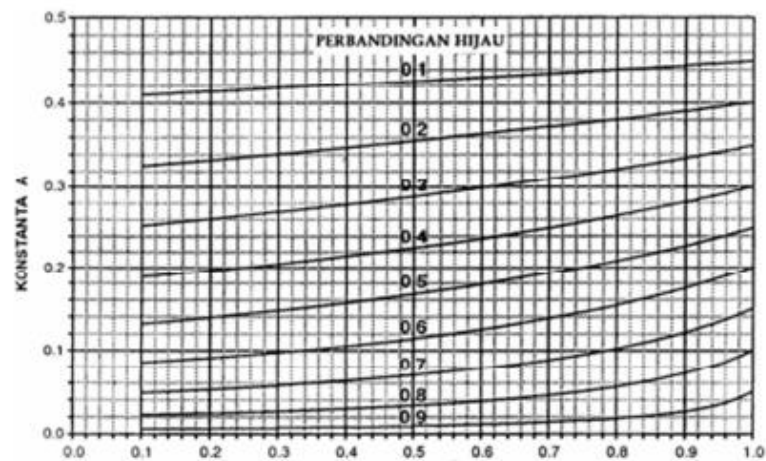
$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)}$$

GR = Rasio hijau (g/c)

DS = Derajat kejenuhan

NQ₁ = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

C = Kapasitas (smp/jam)



Gambar 2.17 Penetapan Tundaan Lalu-Lintas Rata-Rata

Sumber: MKJI, 1997

2. Tundaan geometrik rata-rata (DG) untuk masing-masing pendekat yang diakibatkan adanya perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang atau ketika dihentikan oleh lampu merah, dengan menggunakan persamaan:

$$DG_j = (1 - P_{sv}) \times P_T \times 6 + (P_{sv} \times 4)$$

Dimana:

DG_j = Tundaan geometri rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

P_{sv} = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat = $\text{Minc}(NS, 1)$

P_T = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat

3. Tundaan rata-rata (D) adalah tundaan lalu lintas rata-rata ditambah dengan tundaan geometrik rata-rata, perhitungannya menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$D = DT + DG$$

Dimana :

D = Tundaan rata-rata

DT = Tundaan lalu lintas rata – rata (det/ smp)

DG = Tundaan geometrik rata – rata untuk pendekat j (det/smp)

4. Tundaan total adalah tundaan yang didapatkan dengan hasil perkalian antara tundaan rata-rata (D) dengan arus lalu lintas (Q), perhitungannya menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Tundaan Total} = D \times Q$$

Dimana :

D Total = Tundaan geometrik rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

D = Tundaan rata – rata (det/ smp)

Q = Arus lalu lintas (smp/ jam)

5. Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (D_1) Dihitung dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total (Q_{TOT}) perhitungannya menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$(D_1) = \frac{\Sigma(Q \times D)}{Q_{TOT}}$$

Dimana:

D_1 = Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (det/smp)

D = Tundaan rata-rata

Q = Arus lalu-lintas (smp/jam)

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

2.10. Tingkat Pelayanan Jalan

Menurut (MKJI, 1997), perilaku lalu lintas diwakili oleh tingkat pelayanan *Level of Service* (LOS) yaitu ukuran kualitatif yang mencerminkan persepsi

pengemudi tentang kualitas mengendarai kendaraan. Tingkat pelayanan *Level of Service* (LOS) di klasifikasikan sebagai berikut.

2.10.1. Tingkat Pelayanan A

1. Kondisi arus bebas dengan volume lalu lintas rendah dan kecepatan tinggi.
2. Kepadatan lalu lintas sangat rendah dengan kecepatan yang dapat dikendalikan oleh pengemudi berdasarkan batasan kecepatan maksimum atau minimum dan kondisi fisik jalan.
3. Pengemudi dapat mempertahankan kecepatan yang diinginkan tanpa atau dengan sedikit tundaan.

2.10.2. Tingkat Pelayanan B

1. Arus stabil dengan volume lalu lintas sedang dan kecepatan mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas.
2. Kepadatan lalu lintas rendah, hambatan internal lalu lintas belum mempengaruhi kecepatan.
3. Pengemudi masih punya kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatannya dan jalur jalan yang digunakan.

2.10.3. Tingkat Pelayanan C

1. Arus stabil tetapi kecepatan dan pergerakan kendaraan dikendalikan oleh volume lalu lintas yang lebih tinggi.
2. Kepadatan lalu lintas meningkat dan hambatan internal meningkat.
3. Pengemudi memiliki keterbatasan untuk memilih kecepatan, pindah lajur atau mendahului.

2.10.4. Tingkat Pelayanan D

1. Arus mendekati tidak stabil, volume lalu lintas tinggi, kecepatan masih di tolerir namun sangat terpengaruh oleh perubahan kondisi arus lalu lintas.
2. Kepadatan lalu lintas sedang, fluktuasi volume lalu lintas dan hambatan temporer dapat menyebabkan penurunan kecepatan yang besar (keterbatasan pada arus lalu lintas mengakibatkan kecepatan menurun).
3. Pengemudi memiliki kebebasan yang sangat terbatas dalam menjalankan kendaraan, kenyamanan rendah, tetapi kondisi ini masih dapat ditolerir untuk waktu yang sangat singkat.

2.10.5. Tingkat Pelayanan E

1. Arus lebih rendah dari pada tingkat pelayanan D dengan volume lalu lintas mendekati kapasitas jalan dan kecepatan sangat rendah.
2. Kepadatan lalu lintas tinggi karena hambatan internal lalu lintas tinggi.
3. Pengemudi mulai merasakan kemacetan-kemacetan durasi pendek.

2.10.6. Tingkat Pelayanan F

1. Arus tertahan dan terjadi antrian kendaraan yang panjang.
2. Kepadatan lalu lintas sangat tinggi dan volume rendah setelah terjadi kemacetan untuk durasi yang cukup lama.
3. Dalam keadaan antrian, kecepatan maupun volume turun sampai 0.

Tabel 2.12 Tingkat Pelayanan Jalam Berdasarkan Tundaan

Tingkat Pelayanan	Tundaan (det/smp)	Keterangan
A	< 5	Baik Sekali
B	5,1 - 15	Baik
C	15,1 - 25	Sedang
D	25,1 - 40	Kurang
E	40,1 - 60	Buruk
F	> 60	Buruk Sekali

Sumber:MKJI 1997

2.11. Tingkat Pelayanan Fasilitas Pejalan Kaki

Pejalan kaki merupakan istilah dalam transportasi yang digunakan untuk menjelaskan orang yang berjalan di lintasan pejalan kaki baik di pinggir jalan, trotoar, lintasan khusus bagi pejalan kaki ataupun menyeberang jalan. Untuk melindungi pejalan kaki dalam berlalu lintas, pejalan kaki wajib berjalan pada bagian jalan dan menyeberang pada tempat penyeberangan yang telah disediakan bagi pejalan kaki.

Standar pelayanan pejalan kaki harus didasarkan atas kebebasan untuk memilih kecepatan normal untuk melakukan pergerakan, kemampuan untuk mendahului pejalan kaki yang bergerak lebih lambat, dan kemudahan untuk melakukan pergerakan persilangan dan pergerakan berlawanan arah pada tiap-tiap pemusatan lalu lintas pejalan kaki. (Fruinn Jhon, 1971).

Fasilitas pejalan kaki memiliki peran sebagai perantara yang penting sebagai penghubung manusia untuk beraktivitas dari satu tempat ke tempat lainnya. Serta dapat juga melindungi pedestrian dari ruang jalan kendaraan berkarakter cepat. Bagi jalur pedestrian sebagai penghubung antar bangunan, yang berkarakter

pedestrian-oriented. Pejalan kaki membutuhkan sebuah ruang pada jalan yang dibentuk secara fisik agar dapat melakukan aktivitas pedestrian.

Tabel 2.13 Tingkat Pelayanan Fasilitas Pejalan Kaki

Tingkat Pelayanan	Modul Pejalan Kaki (m ² /orang)	Arus dan Kecepatan Yang Diharapkan		
		Kecepatan, S (m/menit)	Arus, v (orang/menit/m)	Rasio Arus Terhadap Kapasitas
A	≥ 12,1	≥ 79,2	≤ 7	≤ 0,08
B	≥ 3,7	≥ 76,2	≤ 23	≤ 0,28
C	≥ 2,2	≥ 73,2	≤ 33	≤ 0,40
D	≥ 1,4	≥ 68,6	≤ 49	≤ 0,60
E	≥ 0,6	≥ 45,7	≤ 82	≤ 1,00
F	< 0,6	< 45,7	Bervariasi	Bervariasi

Sumber: MKJI, 1997

Tabel 2.14 Tingkat Karakteristik Pelayanan Fasilitas Pejalan Kaki

Tingkat Pelayanan Pejalan Kaki	Karakteristik Pejalan Kaki
A	Pejalan kaki bebas bergerak pada jalur yang diinginkan. Tidak terjadi konflik antara pejalan kaki.
B	Pejalan kaki bebas bergerak, tetapi mulai menghadapi kehadiran pejalan kaki lain.
C	Pejalan kaki mengalami konflik kecil, kecepatan menurun dan volume bertambah.
D	Aliran pejalan kaki masih stabil, tetapi mudah terjadi friksi dan interaksi antar pejalan kaki.
E	Volume pejalan kaki mendekati kapasitas jalur berjalan kaki, menimbulkan kemacetan dan gangguan aliran.
F	Aliran pejalan kaki tidak stabil, arus gerakan pejalan kaki sangat lambat dan menyerupai antrian.

Sumber: MKJI, 1997

Terdapat perbedaan terhadap rentang kecepatan pejalan kaki antara kelompok usia yang berbeda (anak-anak, dewasa, manula). Rentang kecepatan pejalan kaki

dewasa paling lebar (0,7 m/detik hingga 2,7 m/detik) bila dibandingkan dengan kecepatan pejalan kaki manula dan anak-anak. Kecepatan pejalan kaki dewasa cenderung bervariasi dikarenakan rentang usia kelompok dewasa juga relative paling lebar. Manula mempunyai rentang kecepatan paling sempit (0,7 m/detik hingga 1,7 m/detik), kecepatan berjalan kaki manula relative seragam. Sedangkan anak-anak memiliki rentang kecepatan antara 1 m/detik hingga 2,7 m/detik. Hal ini menunjukkan bahwa kelompok anak-anak memiliki kecepatan berjalan kaki lebih tinggi dibanding kelompok orang dewasa dan manula.

Fenomena rentang kecepatan pejalan kaki pada berbagai kelompok usia ini dapat digunakan untuk memberikan pelayanan yang lebih fokus kepada kelompok usia mayoritas yang menggunakan fasilitas tertentu. Misalnya apabila ingin mengatur panjang waktu hijau pada fasilitas penyebrangan pejalan kaki pada kaki simpang tentu harus memperhatikan kecepatan rata-rata pejalan kaki dan jumlah pejalan kaki yang menyebrang pada kaki simpang tersebut.

2.12. Perangkat Lunak Lalu Lintas PVT Vissim

Menurut PTV-AG (2011), Vissim adalah perangkat lunak multimoda simulasi lalu lintas aliran mikroskopis, transportasi umum, waktu sinyal, perencanaan transportasi, dan pejalan kaki yang dihasilkan secara visual. Vissim menciptakan kondisi terbaik untuk menguji skenario lalu lintas. Vissim dikembangkan oleh PTV (Planung Transportasi Verkehr AG) di Karlsruhe, Jerman. Vissim berasal dari Jerman yang mempunyai nama “Verkehr Städten – SIMulations modell” yang berarti model simulasi lalu lintas perkotaan. Dalam penelitian ini digunakan perangkat lunak PTV Vissim (SP 9) Student Version