

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Manajemen Rekayasa Lalu Lintas

Manajemen Rekayasa Lalu Lintas merupakan salah satu upaya yang dilakukan agar dapat mengatasi masalah yang terjadi di suatu ruas jalan atau di suatu wilayah agar tercipta lalu lintas lancar dan berkeselamatan.

Menurut Undang- Undang No.22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, Manajemen Rekayas lalu-lintas dilaksanakan untuk mengoptimalkan penggunaan jaringan jalan dan gerakan lalu-lintas dalam rangka menjamin, keselamatan, ketertiban. Dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan.

Kegiatan Perekayasa lalu lintas meliputi:

- a. Perbaikan geometrik ruas jalan dan atau persimpangan serta perlengkapan jalan yang tidak berkaitan langsung dengan pengguna jalan;
- b. Pengadaan, pemasangan, perbaikan dan pemeliharaan perlengkapan jalan yang berkaitan langsung dengan pengguna jalan;
- c. Optimalisasi operasional rekayasa lalu lintas dalam rangka meningkatkan ketertiban, kelancaran dan efektivitas penegakan hukum.

Menurut Peraturan Pemerintah No. 32 Tahun 2011 tentang Manajemen dan Rekayasa Analisis Dampak serta Manajemen Kebutuhan Lalu Lintas, Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas adalah serangkaian usaha dan kegiatan yang meliputi perencanaan, pengadaan, pemasangan, pengaturan, dan pemeliharaan fasilitas perlengkapan jalan dalam rangka mewujudkan, mendukung dan memelihara keamanan, keselamatan, ketertiban dan kelancaran lalu lintas.

Menurut Jotin Khisty dan B. Kent Call (Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi Jilid 1,2005), persimpangan merupakan bagian yang tidak terpisah dari sesuai sistem jalan. Persimpangan jalan dapat didefinisikan

sebagai daerah umum dimana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk Pergerakan lalu lintas didalamnya.

3.1.1 Ruas Jalan

Menurut UU No. 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, Jalan adalah seluruh bagian Jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi Lalu Lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel.

Menurut fungsinya jalan terbagi menjadi 3 (tiga) antara lain sebagai berikut:

- a. Jalan Arteri adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- b. Jalan Kolektor adalah yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c. Jalan lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

3.1.2 Persimpangan

Menurut Peraturan Pemerintah 43 Tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan, simpang adalah pertemuan atau percabangan jalan baik sebidang maupun yang tak sebidang. Simpang merupakan tempat yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadinya konflik antara pergerakan kendaraan dengan pergerakan kendaraan lainnya.

Abubakar, dkk., (1995) Persimpangan didefinisikan sebagai simpul dalam jaringan jalan di mana jalan berpotongan dan rute kendaraan berpotongan, lalu lintas pada setiap kaki persimpangan dan semua lalu lintas lainnya. Persimpangan merupakan faktor terpenting dalam menentukan kapasitas dan waktu tempuh jaringan jalan, terutama di daerah perkotaan.

Persimpangan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari semua sistem jalan. Saat mengemudi di kota, Anda dapat melihat bahwa sebagian besar jalan perkotaan sering memiliki persimpangan, dan pengemudi dapat memutuskan untuk melanjutkan atau berbelok untuk mengubah jalan di persimpangan. Persimpangan jalan dapat didefinisikan sebagai area umum di mana dua atau lebih jalan berpotongan atau berpotongan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk lalu lintas yang melewatinya. (American Association of State Highways and Transportation Officials, Washington DC, 2001)

Karena persimpangan harus digunakan bersama oleh semua orang yang ingin menggunakannya, persimpangan itu harus dirancang dengan cermat, dengan mempertimbangkan efisiensi, keselamatan, kecepatan, biaya operasi, dan kapasitas.

Karena persimpangan harus digunakan bersama oleh semua orang yang ingin menggunakannya, persimpangan itu harus dirancang dengan cermat, dengan mempertimbangkan efisiensi, keselamatan, kecepatan, biaya operasi, dan kapasitas.

3.2 Pengaturan Persimpangan

Pengaturan simpang dengan lampu lalu lintas sangat diperlukan untuk mengatasi kepadatan arus lalu lintas yang melewati jalan disuatu persimpangan jalan. Pada simpang bersinyal maupun tidak bersinyal sering terjadi penumpukan kendaraan sehingga untuk mengatur kendaraan dan pengguna jalan lain termasuk pejalan kaki agar aman dan nyaman melewati suatu simpang agar tidak terjadi tabrakan pada saat kendaraan belok atau lurus dari arah yang berlawanan diperlukannya sinyal lampu lalu lintas dan rambu petunjuk atau peringatan di suatu persimpangan jalan. (Rita Kurniati ,2016)

Menurut Morlok (1988), jenis simpang berdasarkan cara pengaturannya dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu:

1. Simpang tak bersinyal (unsignalized intersection), artinya, persimpangan yang tidak menggunakan lampu lalu lintas. Di persimpangan ini,

pengguna jalan harus memutuskan apakah mereka cukup aman untuk melewati persimpangan atau harus berhenti sebelum melintasi persimpangan.

2. Simpang bersinyal (signalized intersection), artinya, pengguna jalan dapat melewati simpang tersebut sesuai dengan pengoperasian lampu lalu lintas. Oleh karena itu, pengguna jalan hanya bisa lewat saat lampulalu lintas di persimpangan itu berwarna hijau. APILL (Alat Persinyalan Lalu Lintas) digunakan untuk menjaga kapasitas lalu lintas simpang padajam sibuk dan mengurangi kecelakaan akibat tabrakan antar pengguna jalan yang berlawanan arah. Untuk memenuhi persyaratan keselamatan, lampu sinyal harus dilengkapi dengan:
 - a. Lampu hijau (g) berfungsi sebagai tanda yang memungkinkan kendaraan melewati persimpangan.
 - b. Lampu kuning (amber) mengingatkan arus yang sedang bergerak bahwa fase telah berakhir.
 - c. Lampu merah (all red) Waktu sinyal lampu merah Lampu merah menyala, kendaraan dilarang berjalan di simpang APILL.
 - d. Metode yang digunakan untuk analisa simpang APILL ini mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI'97).

Jenis Persimpangan menurut Direktorat Jendral Bina Marga dalam Manual kapasitas Jalan Indonesia (1997), pemilihan jenis simpang untuk suatu daerah sebaiknya berdasarkan pertimbangan ekonomi, pertimbangan keselamatan lalulintas, dan pertimbangan lingkungan. Menurut Ditjen Perhubungan Darat, 1998 adalah:

- a. Arus minimal lalu lintas yang menggunakan persimpangan rata – rata diatas 750 kendaraan/jam, terjadi secara kontinu 8 jam sehari.
- b. Waktu tunggu atau hambatan rata – rata kendaraan di persimpangan melampaui 30 detik
- c. Persimpangan digunakan oleh rata – rata lebih dari 175 pejalan kaki/jam terjadi secara kontinu 8 jam sehari.
- d. Sering terjadi kecelakaan pada persimpangan yang bersangkutan.

- e. Pada daerah yang bersangkutan dipasang suatu sistem pengendalian lalu lintas terpadu (Area Traffic Control / ATC), sehingga setiap persimpangan yang termasuk di dalam daerah yang bersangkutan harus dikendalikan dengan alat pemberi isyarat lalu lintas.

Syarat – syarat yang disebut di atas tidak baku dan dapat disesuaikan dengan situasi dan kondisi setempat.

Persimpangan bersinyal umumnya dipergunakan dengan beberapa alasan antara lain:

- a. Menghindari kemacetan simpang, mengurangi jumlah kecelakaan akibat adanya konflik arus lalu lintas yang saling berlawanan, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak
- b. Untuk memberi kesempatan kepada para pejalan kaki untuk dapat menyebrang dengan aman.

Pada persimpangan yang menggunakan perangkat sinyal lalu lintas, konflik antara arus lalu lintas dikendalikan oleh lampu sinyal, hanya melepaskan satu arus lalu lintas yang dapat menghilangkan konflik, tetapi akan menyebabkan hambatan besar pada arus lalu lintas di ruas jalan lainnya. Penggunaan lampu lalu lintas persimpangan yang tidak efisien.

Oleh karena itu, perlu untuk mempertimbangkan aliran simultan beberapa sungai untuk meningkatkan efisiensi penggunaan persimpangan tanpa mengurangi masalah keselamatan (Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1996).

Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997 memberikan suatu kriteria batasan besar arus lalu-lintas belok kanan yang harus menggunakan fase tersendiri yaitu apabila melampaui 200 smp/jam.

Upaya yang sering dilakukan dalam menangani belok kanan adalah dengan menggunakan fasilitas early cut-off, late-start, dan kombinasi keduanya (Surya & Sipil, 1945)

- a. Early cut-off: waktu hijau dari kaki simpang pada arah berlawanan diberhentikan beberapa saat lebih cepat untuk memberi kesempatan kendaraan belok kanan (webster, 1996). Fasilitas ini diberikan kepada

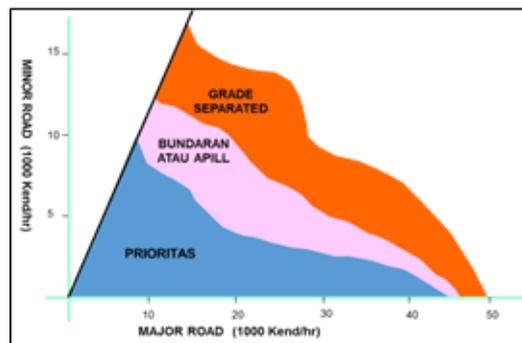
kaki persimpangan yang jumlah kendaraan belok kanan cukup besar. Adanya fasilitas early cut-off mengakibatkan sinyal untuk pergerakan kedua arah berlawanan tidak sama.

- b. Late start (late release): menunda beberapa detik waktu hijau dari arah berlawanan untuk memberikan kesempatan kendaraan belok kanan. Adanya fasilitas ini mengakibatkan sinyal hijau untuk pergerakan kedua simpang tidak sama.
- c. Kombinasi early cut-off dengan late start: biasanya digunakan apabila pada kedua arah jumlah kendaraan yang belok kanan cukup besar. Biasanya early cut off digunakan pada kaki simpang yang memiliki jumlah belok kanan yang lebih besar dari arah yang berlawanan, sedangkan untuk yang lebih ringan digunakan fasilitas late start.

3.3 Kinerja Persimpangan

3.3.1 Penentuan pengendalian persimpang

Sistem pengendalian simpang dapat menggunakan pedoman pada gambar untuk menentukan pengendalian simpang yang digunakan sesuai dengan volume lalu lintas setiap ruas simpang.



Sumber : Australian Road Research Board (ARRB), 1960

Gambar III. 1 Grafik Penentuan Pengendalian Persimpangan

Penghitungan dilakukan persatuan waktu (jam) untuk satu waktu lebih periode, misalkan pada arus lalu lintas jam sibuk pagi, siang dan sore. Jika distribusi gerakan membelok tidak diketahui dan tidak dapat diperkirakan, 15 % belok kanan dan 15 % belok kiri dari arus pendekat total dapat

dipergunakan (kecuali jika ada gerakan membelok tersebut yang akan dilarang).

$$LHR = \frac{VJP}{K}$$

Rumus III. 1 Lalu Lintas Harian Rata Rata

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Jika hanya arus lalu lintas (LHR) saja yang ada tanpa diketahui distribusi lalu lintas pada setiap jamnya, maka arus rencana per jam dapat diperkirakan sebagai suatu persentase dari LHR dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel III. 1 Hubungan LHR dan Volume Jam Tersibuk

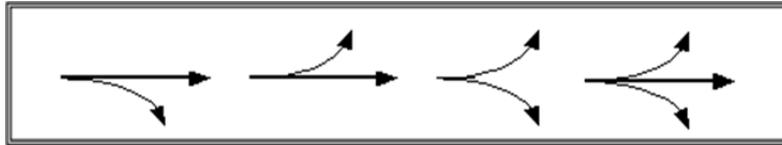
Tipe kota dan jalan	Faktor persen K (K x LHR = VJP)
Kota – kota > 1 juta penduduk	
Jalan – jalan pada daerah komersial dan jalan arteri	7 – 8 %
Jalan – jalan pada daerah pemukiman	8 – 9 %
Kota – kota < 1 juta penduduk	
Jalan – jalan pada daerah komersial dan jalan arteri	8 – 10 %
Jalan – jalan pada daerah pemukiman	9 – 12 %

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

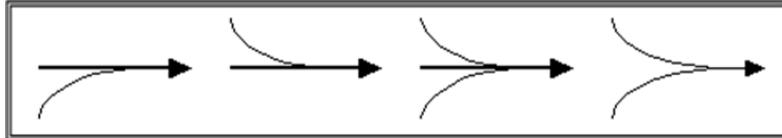
Persimpangan merupakan kawasan yang biasanya menimbulkan kemacetan, terutama jika persimpangan tersebut berdekatan dengan pusat keramaian. Hal ini dikarenakan konflik pergerakan akibat pertemuan berbagai arus kendaraan yang datang dari tiap kaki simpang. Kemacetan yang terjadi mengakibatkan antrian yang cukup besar sehingga waktu dan biaya perjalanan menjadi lebih tinggi. (Handayasari,2019)

Secara umum pergerakan kendaraan di persimpangan dapat dibedakan menjadi 4 jenis dasar dari alih gerak kendaraan yaitu:

- 1) Berpencar (diverging)



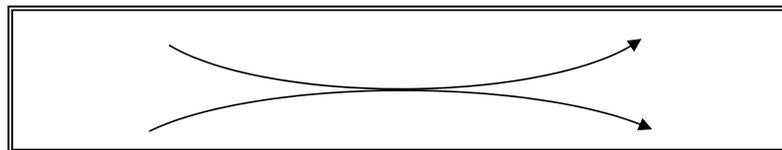
2) Menggabung (merging)



3) Menyilang/berpotongan (crossing)



4) Menggabung lalu berpencar (weaving)



Gambar III. 2 Jenis dasar alih gerak kendaraan

Dari keempat alih gerak tersebut, alih gerak yang berpotongan adalah lebih berbahaya dari pada alih gerak yang lain. Hal ini karena pada alih gerak yang berpotongan terjadi konflik.

Adapun jumlah konflik pada suatu persimpangan adalah tergantung pada:

- 1) Jumlah kaki persimpangan
- 2) Jumlah arah pergerakan
- 3) Jumlah lajur dari setiap kaki persimpangan
- 4) Sistem pengendalian persimpangan

Tujuan pengendalian persimpangan (Control Intersection) dimaksudkan untuk memanfaatkan sepenuhnya kapasitas persimpangan, mengurangi dan menghindari terjadinya kecelakaan dengan mengurangi jumlah konflik serta melindungi jalan utama dari gangguan sehingga hirarki

jalan tetap terjamin. Terdapat paling tidak enam cara utama mengendalikan lalu lintas persimpangan, bergantung pada jenis persimpangan dan volume lalu lintas pada tiap aliran kendaraan. Sebagaimana dijelaskan dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen Rekayasa Lalu Lintas beberapa contoh pengendalian pada Persimpangan meliputi :

1. Pengendalian dengan Simpang prioritas

Pengendalian dengan menggunakan simpang prioritas dapat dilakukan dengan persyaratan yaitu arus lalu lintas dari jalan minor harus lebih kecil dari arus yang berasal dari lalu lintas jalan mayor (utama). Pengendalian dengan simpang prioritas ini harus dilengkapi dengan rambu dan marka petunjuk simpang prioritas yang ditempatkan pada ruas jalan minor, untuk lebih mendahulukan arus lalu lintas pada ruas jalan mayor.

2. Pengendalian dengan Simpang ber APILL

Pengendalian simpang menggunakan APILL atau Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas dapat dilakukan paling sedikit memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Volume lalu lintas yang memasuki persimpangan rata-rata di atas 750 kendaraan / jam selama 8 jam;
2. Waktu menunggu (delay) rata-rata kendaraan di persimpangan di atas 30 detik;
3. Rata-rata jumlah pejalan kaki yang menyeberang diatas 175 pejalan kaki/jam selama 8 jam/hari;
4. Jumlah kecelakaan diatas 5 kejadian kecelakaan/tahun.

Pengendalian dengan simpang ber APILL sekurang-kurangnya dilengkapi dengan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas berupa Lampu Pengatur Lalu Lintas / Traffic Light, marka henti dan marka penyeberangan serta rambu peringatan. Untuk menyampaikan informasi lalu lintas dan sosialisasi ketertiban lalu lintas dan keselamatan kepada pengguna jalan, APILL dapat dilengkapi dengan display information system (DIS).

3. Pengendalian dengan Simpang ber APILL yang dilengkapi aturan belok kiri langsung

Pengendalian simpang menggunakan APILL atau Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas dengan tambahan ketentuan belok kiri langsung / bagi kendaraan yang akan belok kiri tidak perlu mengikuti aturan lampu lalu lintas dapat diberlakukan dengan persyaratan sebagai berikut :

1. Jumlah gerakan belok kiri lebih dari 40 pergerakan selama periode sibuk;

2. Tersedia lajur khusus untuk kendaraan belok kiri langsung

4. Pengendalian dengan Simpang ber APILL Otonom Adaktif

Pengendalian simpang dengan penggunaan otonom adaktif dapat diberlakukan dengan persyaratan sebagai berikut :

1. Persimpangan dengan volume antara kaki simpang sangat bervariasi ;

2. Persimpangan yang berada di wilayah Perkotaan yang tidak memungkinkan untuk dikendalikan dengan Sistem APILL terkoordinasi

5. Pengendalian simpang dengan Sistem APILL Terkoordinasi (Area Traffic Control System)

Pengendalian simpang dengan sistem APILL atau Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas terkoordinasi atau dikenal dengan menggunakan Area Traffic Control System (ATCS) merupakan pengendalian lalu lintas pada beberapa simpang ber APILL yang berada pada suatu wilayah yang saling berdekatan. Adapun syarat pengendalian simpang ber APILL dengan menggunakan ATCS adalah sebagai berikut :

- 1) Jumlah simpang yang terkoordinasikan sekurangnya 3 simpang

- 2) Jarak antar simpang tidak lebih dari 1 km

Pengendalian simpang ber APILL dengan ATCS ini dapat juga dilengkapi dengan beberapa peralatan pendukungnya yang meliputi :

- 1) Kamera pemantau lalu lintas;

- 2) Display information system (DIS);

- 3) Variable message sign (VMS);
 - 4) Alat pendeteksi kendaraan angkutan umum masal berbasis jalan;
 - 5) Fase pengaturan khusus untuk angkutan umum masal berbasis jalan (Bus Priority);
 - 6) Alat pemantau kecepatan dan volume lalu lintas.
6. Pengendalian simpang dengan bundaran ;
- Selain dengan menggunakan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas atau APILL, pengaturan lalu lintas pada persimpangan juga dapat dilakukan dengan membuat bundaran. Adapun persyaratan pengaturan simpang dengan sistem bundaran adalah sebagai berikut:
- 1) Volume lalu lintas yang belok kanan diatas 30% dari volume lalu lintas;
 - 2) Volume lalu lintas dari masing-masing kaki pendekatan relatif sama besar;
 - 3) Memiliki paling sedikit 4 kaki persimpangan;
 - 4) Tersedia ruang/lahan yang memadai untuk pembangunan bundaran lalu lintas.

3.3.2 Teori Perhitungan Simpang bersinyal

Menurut MKJI, 1997, tentang kapasitas simpang bersinyal prosedur perhitungan dan analisa suatu simpang APILL dapat diurutkan menjadi lima langkah utama seperti dibawah ini:

- 1) Langkah A: Data masukan
- 2) Langkah B: Penggunaan isyarat
- 3) Langkah C: Penentuan waktu isyarat
- 4) Langkah D: Kapasitas dan
- 5) Langkah E: Kinerja lalu lintas

Oglesby (1999), menyebutkan bahwa setiap pemasangan lampu lalu lintas bertujuan untuk memenuhi satu atau lebih fungsi-fungsi tersebut dibawah ini:

- a) Mendapatkan gerakan lalu lintas yang teratur
- b) Meningkatkan kapasitas lalu lintas pada perempatan jalan

- c) Mengurangi frekuensi jenis kecelakaan tertentu
- d) Menkoordinasikan lalu lintas dibawah kondisi jarak sinyal yang cukup baik, sehingga aliran lalu lintas tetap berjalan pada kecepatan tertentu
- e) Memutuskan arus lalu lintas tinggi agar memungkinkan adanya penyebrangan kendaraan lain atau pejalan kaki
- f) Mengatur penggunaan jalur lalu lintas
- g) Sebagai pengendali ramp pada jalan masuk menuju jalan bebas hambatan (entrancefreeway)
- h) Memutuskan arus lalu lintas bagi lewatnya kendaraan darurat
- i) Meningkatkan kapasitas lalu lintas pada persimpangan jalan
- j) Mengurangi frekwensi jenis kecelakaan tertentu
- k) Menkoordinasikan lalu lintas dibawah kondisi jarak sinyal yang cukup sehingga aliran lalu lintas tetap berjalan menerus pada kecepatan tertentu
- l) Memutuskan arus lalu lintas tinggi agar memungkinkan adanya penyeberangan pejalan kaki atau kendaraan lain
- m) Manfaat dan Tujuan Optimalisasi Kinerja simpang Bersinyal secara terinci

1. Penentuan Fase

Suatu rencana waktu signal digunakan untuk mengatur dan memisahkan arus-arus lalu lintas yang membelok dan mendekati persimpangan. Dengan begitu suat rencana periode waktu spesifik dapatdiidentifikasi.

a. Rencana Signal

Suatu rangkaian yang ditentukan terlebih dahuludari kejadian-kejadian yang didesain untuk memisahkan dan mengatur pergerakanlalu lintas dalam suatu periode waktu tertentu dalam suatu hari seperti waktu pagi, waktu tidak sibuk dan waktu sibuk sore.

b. Waktu siklus

Merupakan serangkaian tahap-tahap dimana semua pergerakan lalu lintas dilakukan, atau merupakan penjumlahan waktu dari keseluruhan tahapan.

c. Tahap

Ketika kombinasi spesifik dari sinyal perintah tetap konstan, fase adalah bagian dari siklus. Itu terjadi pada awal periode kuning dan berakhir dari periode hijau berikutnya. Periode adalah jumlah dari waktu fase. Panggung mengarah ke sirkuit lengkap di mana persimpangan disesuaikan.

d. Fase

Suatu kondisi dari APILL dalam satu waktu siklus yang memberikan hak jalan pada satu atau lebih gerakan lalu lintas tertentu.

e. Periode Hijau Antara

Suatu waktu diantara satu tahap yang menyala kuning (pada suatu kaki persimpangan yang lain menyala hijau). Waktu ini ditentukan berdasarkan pertimbangan keselamatan terhadap waktu yang diperlukan oleh kendaraan untuk keluar dari suatu persimpangan sebelum suatu pergerakan yang berlawanan diperbolehkan mulai bergerak. Periode waktu hijau antara = waktu menyeberang + waktu pengosongan + waktu masuk biasanya 3 detik kuning + 1 detik merah (merah dan kuning)

2. Waktu hijau efektif dan waktu hilang

Pada saat periode waktu hijau dimulai, kendaraan masih berhenti dan pengemudi memerlukan waktu untuk mulai berjalan dan mempercepatnya sampai ke suatu kecepatan jalan yang normal. Pada akhir dari periode waktu hijau terdapat periode waktu kuning, dimana pada kesempatan tersebut beberapa kendaraan akan tetap melintas persimpangan dan kendaraan-kendaraan lain akan memperlambat lajunya dan kemudian berhenti. Jadi pada waktu mulai dan pada akhir dari periode waktu hijau kapasitasnya berkurang. Pada saat waktu hijau, antrian kendaraan akan mencapai kecepatan jalannya dan

jumlah kendaraan yang melintasi persimpangan akan mencapai suatu tingkat yang konstan dan disebut sebagai arus jenuh. Waktu yang hilang pada periode percepatan dan periode perlambatan disebut sebagai waktu hilang. Waktu hijau efektif dihitung sebagai berikut.

Waktu Hijau Efektif = Waktu hijau + waktu kuning – waktu merah.
Waktu hilang diperkirakan 2 detik per fase, waktu kuning biasanya diambil 3 detik.

Tabel III. 2 Tabel Nilai antar hijau

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

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

3. Arus Jenuh

Arus jenuh adalah tingkat arus maksimum pada suatu mulut persimpangan jika lampu pengaturan lalu lintas terus menerus menyalahijau. Arus jenuh padat diperkirakan dari lebar jalan dengan faktor koreksi untuk hal-hal yang mengganggu kondisi “kelancaran arus” yang ideal, yang dapat diubah-ubah untuk meningkatkan penampilan sepertimisalnya:

- a. Kelandaian
- b. Komposisi kendaraan
- c. Lalu lintas yang membelok
- d. Penyeberang jalan
- e. Kendaraan yang diparkir

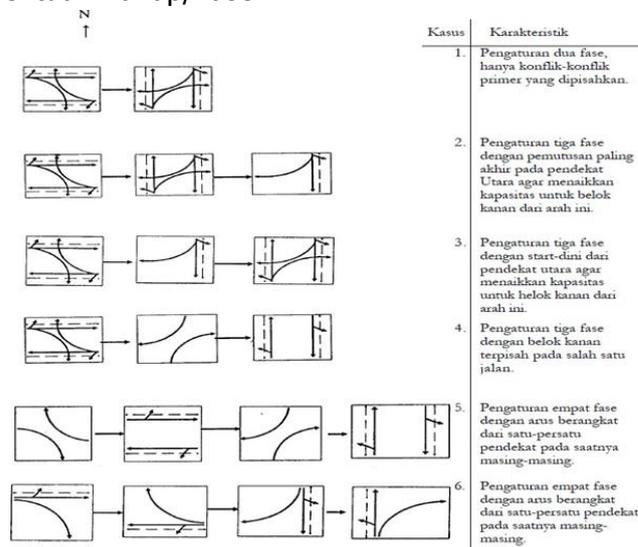
Bagaimanapun cara yang lebih teliti untuk memperkirakan arus jenuh adalah dengan suatu survei, bilamana kondisi lalu lintasnya padat, yang mana formasi antrian terjadi.

4. Lalu lintas belok kiri

Lalu lintas belok kiri adalah umum untuk mengijinkan lalu lintas yang membelok ke kiri untuk tetap berjalan meskipun lampu lalu lintas yang utama menyalah merahhal ini dapat dilakukan oleh suatu lampu panah hijau, atau oleh suatu peraturan lalu lintas yang umum bahwa semua

lalu lintas yang membelok ke kiri dapat berjalan terus tanpa berhenti. Meskipun demikian, para pejalan kaki memerlukan suatu prioritas, apabila digunakan lampu panah maka waktu hijau dapat ditunda untuk memberikan waktu bagi para pejalan kaki untuk menyeberang, apabila digunakan system pengaturan yang lain, maka para kendaraan yang belok kiri, yaitu kendaran-kendaran harus berhenti jika terdapat pejalan kaki yang menyeberang.

5. Lalu Lintas belok kanan
Lalu lintas belok kanan merupakan yang utama pada persimpangan persimpangan, khususnya yang di lengkapi dengan lampu lalu lintas. Penghentian dini (*early cut-off*) dan pelepasan lambat (*late Release*) dari tahap-tahap sering sangat berguna.
6. Penentuan Tahap/Fase



Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, konfigurasi dua fase umumnya dimaksudkan sebagai peristiwa dasar, karena umumnya menghasilkan kapasitas yang lebih tinggi dan penundaan rata-rata yang lebih rendah daripada jenis fase sinyal lainnya, sedangkan fase biasa dan fase reguler dikonfigurasi.

Jalur terpisah diperlukan untuk aliran air yang meninggalkan belok kanan pada berbagai tahap gerakan garis lurus. Jika arus melebihi 200 smp/jam, pergerakan belok kanan biasanya diatur secara terpisah berdasarkan pertimbangan kapasitas.

3.3.3 Analisis Kinerja Simpang

Rumus-rumus dasar yang digunakan dalam penelitian serta Analisa data simpang bersinyal adalah sebagai berikut diambil dari Manual Kapasitas Jalan 1997 (MKJI 1997) :

1. Arus Jenuh

Perhitungan arus jenuh di simpang bersinyal menggunakan rumus:

$$S = S_o \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_g \times F_p \times F_{rt} \times F_{lt}$$

Rumus III. 2 Perhitungan Arus Jenuh Simpang Bersinyal

Keterangan:

S= arus jenuh

S_o= arus jenuh dasar

F_{cs} = faktor penyesuaian ukuran kota

F_{sf} = faktor penyesuaian hambatan samping

F_g= faktor penyesuaian kelandaian

F_p= faktor penyesuaian parkir

F_{rt}= faktor penyesuaian kendaraan belok kanan

F_{lt}= faktor penyesuaian kendaraan belok kiri

Faktor-faktor penyesuaian dalam perhitungan arus jenuh simpang adalah sebagai berikut:

a. Arus jenuh dasar

Arus jenuh dasar adalah nilai keberangkatan saat antrian dengan posisi di dalam pendekat pada saat kondisi ideal. Untuk menghitung nilai arus jenuh dasar dapat menggunakan rumus:

$$S_o = 600 \times W_e$$

Rumus III. 3 Arus Jenuh Dasar

Keterangan:

W_e = Lebar masuk duatu pendekat (meter)

Untuk menghitung arus jenuh simpang terlawan menggunakan tabel dibawah sesuai dengan ketentuan

Jika gerakan belok kanan lebih besar dari 250 smp/jam, fase sinyal terlindung harus dipertimbangkan, artinya rencana fase sinyal harus diganti. Cara pendekatan berikut dapat digunakan untuk tujuan analisaoperasional misalnya peninjauan kembali waktu sinyal suatu simpang.

Lajur belok kanan tidak terpisah.

a. Jika $QRTO > 250$ smp/jam:

- $QRT < 250$:

1. Tentukan S_{prov} pada $QRTO = 250$
2. Tentukan S sesungguhnya sebagai

$$S = S_{prov} - \{(Qrto - 250) \times 8\} \text{ smp/jam}$$

Rumus III. 4 Lajur Belok kanan terpisah jika $Qrto > 250$ smp/jam

- $QRT > 250$:

1. Tentukan S_{prov} pada $QRTO$ and $QRT = 250$
2. Tentukan S sesungguhnya sebagai

$$S = S_{prov} - \{(Qrto + Qrt - 500) \times 2\} \text{ smp/jam}$$

Rumus III. 5 Lajur belok kanan terpisah jika $Qrt > 250$ smp/jam

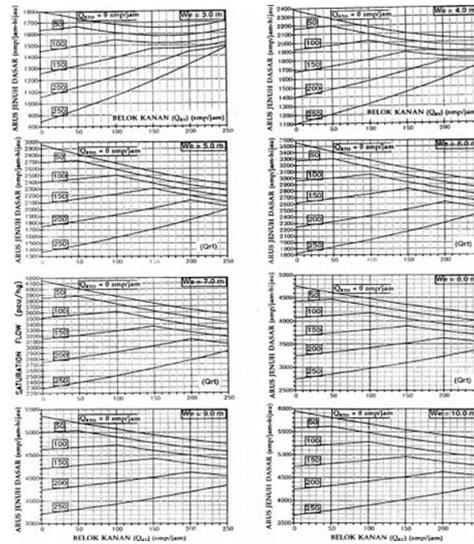
b. Jika $QRTO < 250$ dan $QRT > 250$ smp/jam:

Tentukan S seperti pada $QRT = 250$.

Lajur belok kanan terpisah Jika $QRTO > 250$ smip/jam:

- $QRT < 250$: 1. Tentukan S dari Gambar dengan extrapolasi.
- $QRT > 250$: 1. Tentukan S_{prov} pada $QRTO$ and $QRT = 250$

Tabel III. 3 Arus Jenuh Sempang Terlawan



Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

b. Faktor penyesuaian ukuran kota

Faktor penyesuaian ukuran kota didapat dari table berikut :

Tabel III. 4 Faktor penyesuaian ukuran kota

Penduduk Kota (Juta Jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)
>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 : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

c. Faktor penyesuaian hambatan samping

Faktor penyesuaian hambatan samping dapat diperoleh dari table berikut :

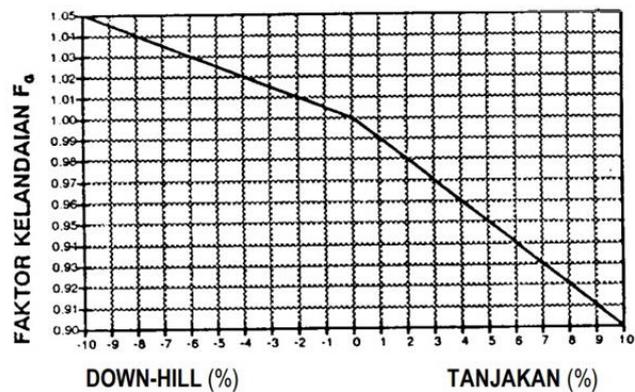
Tabel III. 5 Faktor penyesuaian hambatan samping

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥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	0,85	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,75	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,86	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,76	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,87	0,87	0,83
Permukiman (RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,78	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,86	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,79	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,87	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,80	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,88	0,88	0,86
Akses terbatas (RA)	Tinggi/Sedang/	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,80	0,80	0,75
	Rendah	Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,90	0,90	0,88

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

d. Faktor penyesuaian kelandaian

Faktor koreksi penyesuaian kelandaian apabila semakin besar akan menambah tundaan dan antrian pada sebuah simpang. Dalam menentukan faktor penyesuaian kelandaian dapat menggunakan gambar grafik.



Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Gambar III. 3 Grafik penyesuaian kelandaian

e. Faktor penyesuaian parkir

Faktor penyesuaian parkir dihitung sebagai dari fungsi jarak yang dimulai dari garis henti sampai dengan kendaraan yang diparkir pertama dengan perhitungan menggunakan rumus:

$$Fp = \left[\frac{lp}{3} - Wa - 2 \right] \times \left(\frac{lp}{3} - g \right) / Wa / g$$

Rumus III. 6 Faktor Penyesuaian Parkir

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Keterangan:

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

WA= Lebar pendekat (m).

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

f. Faktor Penyesuaian belok kanan

Faktor penyesuaian belok kana dinilai hanya dihitung agar pendekattipe P (terlindung) dan dengan median serta jaIan dua arah

$$Frt = 1,0 + Prt \times 0,26$$

Rumus III. 7 Faktor Penyesuain belok kanan

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Keterangan:

P_{RT} = Rasio kendaraan berbelok kanan pada pendekat yang ditinjau.

g. Faktor penyesuain belok kiri

Faktor penyesuaian belok kiri hanya dihitung untuk pendekat tipe P(terlindung) tanpa LTOR.

$$Flt = 1,0 - Plt \times 0,16$$

Rumus III. 8 Faktor Penyesuaian belok Kiri

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Keterangan:

PLT = Rasio kendaraan berbelok kiri pada pendekat yang ditinjau

h. Rasio arus

Untuk menghitung rasio arus (FR) dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$FR = \frac{Q}{s}$$

Rumus III. 9 Rasio Arus

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

i. Rasio Arus simpang

Sebagai jumlah dari nilai-nilai kritis pada FR dengan rumus:

$$IFR = E (FR_{crit})$$

Rumus III. 10 Rasio Arus Simpang

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

j. Rasio fase

Untuk menghitung rasio fase (PR) masing – masing fase sebagai rasio antara FR_{crit} dan IFR dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$PR = \frac{FR_{crit}}{IFR}$$

Rumus III. 11 Rasio Fase

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

k. Waktu Siklus

Penentuan waktu siklus yang diperlukan diperoleh rumus berikut ini:

$$Cua = \frac{1,5 \times LTI + 5}{1 - IFR}$$

Rumus III. 12 Waktu Siklus

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Keterangan:

C= waktu siklus (detik)

IFR= nisbah arus persimpangan (ΣFR_{crit} terbesar)

LTI= waktu hilang total per siklus (detik)

I. Waktu Hijau

Untuk dapat menghitung waktu hijau dapat menggunakan rumus berikut ini:

$$g_i = (Cua - LTI) \times Pri$$

Rumus III. 13 Waktu Hijau

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Keterangan:

g_i = waktu hijau efektif untuk fase i

PR = Rasio fase

L = waktu hilang total per siklus (detik)

2. Kapasitas

Perhitungan kapasitas pada persimpangan bersinyal berlandaskan Manual Kapasitas Jalan Indonesia menggunakan rumus berikut:

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

Rumus III. 14 Kapasitas pada simpang bersinyal

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Keterangan:

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)

3. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan merupakan rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas suatu pendekat. Derajat kejenuhan diperoleh sebagai:

$$DS = \frac{Q_{total}}{C}$$

Rumus III. 15 Derajat Kejenuhan simpang

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

4. Jumlah Antrian

Untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya.

$$NQ1 = 0,25 \times (DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + 8 \times \frac{DS - 0,5}{C}}$$

Rumus III. 16 Jumlah antrian pada simpang

Jika $DS > 0,5$; selain itu $NQ_1 = 0$

$$NQ2 = C \times \frac{1-GR}{(1-GR) \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

Sehingga jumlah antrian dapat dirumuskan :

$$NQ = NQ1 + NQ2$$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Keterangan :

NQ1 = jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

NQ2 = jumlah smp yang datang selama fase merah

DS= derajat kejenuhan

GR= rasio hijau

c= waktu siklus (det)

C= kapasitas (smp/jam) = S × GR

Q= arus lalu-lintas pada pendekat tersebut (smp/det)

5. Panjang antrian

Panjang antrian merupakan panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat yang dirumuskan dengan:

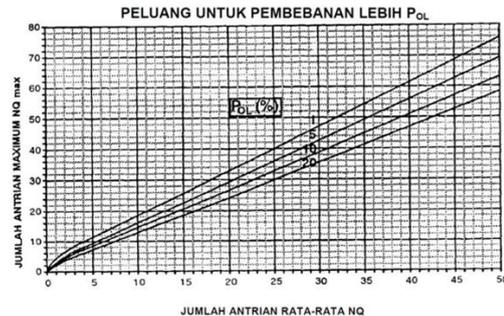
$$QL = \frac{NQ_{max} \times 20}{W_{masuk}}$$

Rumus III. 17 Panjang Antrian

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

NQ_{max} ditentukan melalui grafik. Untuk menyesuaikan NQ dalam hal peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih POL (%), dan masukkan hasil nilai NQ_{max} . Untuk perancangan dan perencanaan

disarankan $POL \leq 5\%$, untuk operasi suatu nilai $POL = 5 - 10\%$ mungkin dapat diterima.



Gambar III. 4 Perhitungan jumlah antrian (NQMAX) dalam smp

Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997*

6. Angka Henti (NS)

Angka henti merupakan jumlah henti rata-rata per kendaraan sebelum melewati suatu simpang yang dihitung dengan:

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

Rumus III. 18 Angka Henti

Setelah menghitung angka henti, maka perlu dilakukan perhitungan rasio kendaraan terhenti.

$$Nsv = Q \times NS$$

Rumus III. 19 Rasio Kendaraan Henti

7. Tundaan

Tundaan ialah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang yang terdiri dari tundaan lalu lintas (DT) dan tundaan geometri (DG). Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat dihitung dengan:

$$Dj = DTj + DGj$$

Rumus III. 20 Tundaan Simpang

Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997*

Keterangan:

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

DTj = Tundaan lalu-lintas rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

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

Untuk tundaan lalu lintas rata-rata diperoleh dengan perhitungan:

$$DT = C \times \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{1 - GR \times DS} + \frac{NQ1 \times 3600}{C}$$

Rumus III. 21 Tundaan lalu lintas Simpang

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Keterangan:

DTj = Tundaan lalu-lintas rata-rata pada pendekat j (det/smp)

GR= Rasio hijau (g/c)

DS= Derajat kejenuhan

C= Kapasitas (smp/jam)

NQ1 = Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

Untuk tundaan geometri rata-rata diperoleh dengan rumus berikut:

$$DGj = (1 - Psv) \times Pt \times 6 + (Psv \times 4)$$

Rumus III. 22 Tundaan Geometri simpang

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Keterangan:

DGj = Tundaan geometri rata-rata pada pendekat j (det/smp)

Psv = Rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat

PT= Rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

3.4 Tingkat Pelayanan

Berdasarkan Peraturan Menteri No. 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Kegiatan Manajemen Rekayasa Lalu Lintas.

1. Tingkat Pelayanan Pada Persimpangan

Tingkat Pelayanan pada persimpangan diklasifikasikan atas:

- a. Tingkat pelayanan A, dengan kondisi tundaan kurang dari 5 detik per kendaraan;
- b. Tingkat pelayanan B, dengan kondisi tundaan kurang dari 5 detik sampai 15 detik per kendaraan;
- c. Tingkat pelayanan C, dengan kondisi tundaan kurang dari 15 detik sampai 25 detik per kendaraan;

- d. Tingkat pelayanan D, dengan kondisi tundaan kurang dari 25 detik sampai 40 detik per kendaraan;
 - e. Tingkat pelayanan E, dengan kondisi tundaan kurang dari 40 detik sampai 60 detik per kendaraan;
 - f. Tingkat pelayanan F, dengan kondisi tundaan lebih dari 60 detik per kendaraan.
2. Penetapan Tingkat Pelayanan Pada Persimpangan

Tingkat pelayanan yang diinginkan pada ruas jalan pada sistem jaringan jalan primer sesuai fungsinya, meliputi:

- a. Jalan arteri primer, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya B;
- b. Jalan kolektor primer, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya B;
- c. Jalan lokal primer, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya C;
- d. Jalan tol, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya B.

Tingkat pelayanan yang diinginkan pada ruas jalan pada sistem jaringan jalan sekunder sesuai fungsinya meliputi:

- a. Jalan arteri sekunder, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya C;
- b. Jalan kolektor sekunder, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya C;
- c. Jalan lokal sekunder, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya D;
- d. Jalan lingkungan, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya D.

Tingkat pelayanan ditetapkan oleh Direktur Jenderal, Gubernur, Bupati, dan Walikota sesuai kewenangan.

3.5 Peramalan Lalu Lintas Mendatang

Peramalan lalu lintas digunakan untuk mengetahui volume lalu lintas yang melewati Kawasan simpang pada tahun mendatang. Peramalan lalu lintas yang dilakukan untuk bangkitan dan tarikan pada tiap zona lalu lintas pada tahun target menggunakan metode tingkat pertumbuhan (Compounding Factor).

