

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Manajemen Lalu Lintas

Manajemen lalu lintas adalah suatu proses pengaturan dan penggunaan sistem jalan raya yang sudah ada dengan tujuan untuk memenuhi suatu tujuan tertentu tanpa perlu penambahan atau pembuatan infrastruktur baru (Alamsyah, Alik Ansyori2008).

2.2 Jalan

Yang dimaksud dengan jalan seperti yang tertera dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan dan peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 tentang jalan, menerangkan bahwa jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada dipermukaan tanah, di atas permukaan tanah, dibawah permukaan tanah dan atau air serta di atas permukaan air, kecuali jalan lori, jalan kereta api, dan jalan kabel.

Jaringan jalan adalah sekumpulan ruas-ruas jalan yang merupakan satu kesatuan yang terjalin dalam hubungan hirarki. Jalan umum adalah jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum sedangkan jalan khusus adalah jalan yang dibangun oleh instansi, badan usaha, perseorangan atau kelompok masyarakat

untuk kepentingan sendiri. Penyelenggaraan jalan adalah kegiatan yang meliputi pengaturan, pembinaan, pembangunan dan pengawasan jalan.

Pengaturan jalan adalah kegiatan perumusan kebijakan perencanaan, penyusunan rencana umum, dan penyusunan peraturan perundangan-undangan jalan. Pembinaan jalan adalah kegiatan penyusunan pedoman dan standart teknis pelayanan, pemberdayaan sumber daya manusia, serta penelitian dan pengembangan jalan. Pembangunan jalan adalah kegiatan pemrograman dan penganggaran, perencanaan teknis, pelaksanaan konstruksi serta pengoperasian dan pemeliharaan jalan. Pengawasan jalan adalah kegiatan yang dilakukan untuk mewujudkan tertib pengaturan, pembinaan dan pembangunan jalan.

Sementara bangunan pelengkap jalan adalah bangunan yang melekat dan tidak dapat dipisahkan dari badan jalan itu sendiri, seperti jembatan, ponton, lintas atas (overpass), lintas bawah (underpass), tempat parkir, gorong-gorong, tembok penahan lahan atau tebing, saluran air dan pelengkapan yang meliputi rambu-rambu dan marka jalan, pagar pengaman lalu lintas, pagar daerah milik jalan serta lampu lalu lintas.

Jalan mempunyai suatu sistem jaringan yang mengikat dan menghubungkan pusat-pusat pertumbuhan dengan wilayah yang berada dalam pengaruh pelayanannya dalam hubungan hierarki. Menurut perananan pelayanan jasa distribusi, terdapat 2 macam jaringan jalan yaitu sistem jaringan jalan primer dan sistem jalan sekunder. Pada dasarnya di Indonesia terdapat tiga klasifikasi (hirarki) utama jalan, yaitu:

1. Hirarki menurut fungsi/peranan jalan (Arteri, Kolektor, Lokal)

2. Hirarki menurut kelas jalan (I, IIA, IIB, III)
3. Hirarki menurut administrasi/wewenang pembinaan (Nasional, Propinsi, Kabupaten/Kotamadya)

2.2.1 Pembinaan jalan

Pengelompokkan jalan menurut status/wewenang pembinaannya dibagi menjadi jalan Nasional, jalan Propinsi, jalan kabupaten/kotamadya, jalan desa dan jalan khusus. Pembina jalan nasional dilaksanakan oleh Menteri PU atau pejabat yang ditunjuk, jalan propinsi dilaksanakan oleh kabupaten adalah pemda tingkat II kabupaten atau instansi yang ditunjuk, jalan kotamadya dilaksanakan oleh pemda Tk II kotamadya atau instansi yang ditunjuk, jalan desa dilaksanakan oleh Pemerintah Desa/kelurahan dan jalan khusus pelaksanaannya adalah Pejabat atau orang yang ditunjuk.

Sistem jaringan primer dan jalan arteri sekunder oleh Menteri P.U, atas menteri perhubungan, secara berkala dan sistem jaringan jalan sekunder, kecuali jalan arteri sekunder, oleh Gubernur/kepala daerah Tk I atas usul bupati/walikota madya, sesuai petunjuk menteri P.U dan menteri perhubungan.

Pada pelaksanaannya pembinaan jalan disusun mencakup usaha-usaha memelihara dan memperbaiki kerusakan-kerusakan terhadap seluruh ruas jalan yang ada agar tetap dalam kondisi mantap. Pengertian ini mencakup penanganan permukaan aspal dan drainase, maka pemeliharaan perlu ditingkatkan dengan ketajaman yang memadai, pemeliharaan jalan menyangkut pemeliharaan rutin dan pemeliharaan berkala (routine and periodic maintenances). Pemeliharaan jalan yang memadai dapat memperpanjang umur pelayanan jalan yang mantap.

Program rehabilitasi jalan, mencakup penanganan khusus pada jalan terhadap setiap kerusakan spesifik dan bersifat setempat, pada ruas jalan dengan kemampuan pelayanan yang mantap.

Program penunjangan jalan, merupakan penanganan jangka pendek terhadap ruas-ruas jalan dan jembatan yang berada dalam keadaan kondisi pelayanan tidak mantap, sebelum program peningkatan dapat dilakukan, untuk menjaga agar ruas jalan dan jembatan dimaksud tetap dapat berfungsi melayani lalu lintas meskipun dengan kemampuan pelayanan yang tidak mantap.

Program peningkatan merupakan usaha-usaha meningkatkan kemampuan pelayanan ruas-ruas jalan (termasuk jembatannya) untuk memenuhi tingkat pelayanan yang sesuai dengan pertumbuhan lalu lintas serta berada tetap dalam kemampuan pelayanan mantap sesuai umum rencana yang ditetapkan (umumnya 5 tahun sampai dengan 10 tahun).

Program penggantian jembatan, dimaksud sebagai program untuk mempercepat berfungsinya jalan, karena adanya sejumlah besar jembatan yang ada dalam keadaan perlu diganti dan sebagian besar merupakan penyebab kurangnya ruas jalan.

Program pembangunan jalan baru ialah pembangunan ruas-ruas jalan yang ada dalam bentuk alternatif, atau penyediaan prasarana jalan baru guna pembukaan daerah baru dalam rangka pengembangan wilayah dan dalam usaha menunjang lokasi sektor-sektor strategis.

Program-program mencakup pembangunan jalan baru baik yang akan dioperasikan sebagai jalan tol, maupun bukan jalan tol. Pada pembangunan jalan baru bukan jalan tol, produk pembangunan pada umumnya dilakukan dengan cara

pentahapan untuk mencapai produk standar teknis terbaik ataupun produk fungsional.

2.2.2 Persyaratan jalan menurut peranannya

Jalan mempunyai peranan penting terutama yang menyangkut perwujudan perkembangan antar daerah yang seimbang dan pemerataan hasil bangunan serta pertahanan dan keamanan nasional dalam rangka mewujudkan pembangunan nasional.

a) **Jalan Arteri Primer**

Jalan arteri primer adalah jaringan jalan dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk pengembangan semua wilayah ditingkat nasional dengan semua simpul jasa distribusi yang kemudian berwujud kota. Jalan arteri primer menghubungkan kota jenjang kesatu yang terletak berdampingan atau menghubungkan kota jenjang kesatu dengan yang kedua. yang melayani perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan dibatasi secara efisien, dengan persyaratan sebagai berikut.

1. Kecepatan rencana minimal 60 km/jam
2. Lebar badan jalan minimal 11 meter
3. Kapasitas lebih besar dari pada volume lalu lintas rata-rata
4. Lalu lintas jarak jauh tidak boleh terganggu oleh lalu lintas ulang-alik,
5. Lalu lintas lokal dan kegiatan lokal
6. Jalan masuk dibatasi secara efisien

7. Jalan persimpangan dengan peraturan tertentu tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan

b) Jalan Kolektor Primer

Jalan kolektor primer adalah menghubungkan kota jenjang kedua dengan dengan kota jenjang yang kedua atau menghubungkan yang kedua dengan yang ketiga, yang melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri perjalan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi, dengan persyaratannya sebagai berikut.

1. Kecepatan rencana minimal 40 km/jam
2. Lebar badan jalan minimal 9 meter
3. Kapasitas sama dengan atau lebih besar daripada volume lalu lintas rata-rata
4. Jalan masuk dibatasi, direncanakan sehingga tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan
5. Tidak terputus walau memasuki kota

c) Jalan Lokal Primer

Jalan lokal primer menghubungkan kota jenjang kesatu dengan persil atau kota jenjang kedua dengan persil, kota jenjang ketiga dengan ketiga, kota jenjang ketiga dengan yang di bawahnya, kota jenjang ketiga dengan persil atau kota dibawah kota kota jenjang ketiga sampai persil, yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi, dengan persyaratannya sebagai berikut.

1. Kecepatan rencana minimal 20 km/jam
2. Lebar minimal 7.5 meter
3. Tidak terputus walau masuk desa

d) Jalan Arteri Sekunder

Jalan arteri sekunder menghubungkan kawasan primer dengan sekunder kesatu, atau kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kesatu atau yang kesatu dengan yang kedua, dengan persyaratannya sebagai berikut :

1. Kecepatan rencana minimal 30 km/jam
2. Lebar badan jalan minimum 11 meter
3. Kapasitas sama atau lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata
4. Lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat
5. Persimpangan dengan peraturan tertentu, tidak mengurai
6. Kecepatan dan kapasitas jalan

e) Jalan Kolektor Sekunder

Jalan kolektor sekunder menghubungkan sekunder dengan kawasan sekunder kedua atau kawasan sekunder kedua dengan perumahan atau kawasan sekunder ketiga dan seterusnya dengan perumahan, dengan persyaratannya sebagai berikut.

1. Kecepatan rencana minimum 20 km/jam
2. Lebar jalan minimum 9 meter

f) Jalan Lokal Sekunder

Jalan lokal sekunder adalah menghubungkan satu dengan lainnya dikawasan sekunder dengan angkutan setempat dengan jarak pendek dan rendah, dengan persyaratannya sebagai berikut :

1. Kecepatan rencana minimal 10 km/jam
2. Lebar badan jalan minimal 6.5 meter
3. Lebar jalan tidak diperuntukkan bagi kendaraan beroda tiga atau lebih, minimal 3,5 meter.

2.3 Persimpangan

Persimpangan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari semua sistem jalan. Ketika berkendara didalam kota, orang dapat melihat bahwa kebanyakan jalan didaerah perkotaan biasanya memiliki persimpangan, dimana pengemudi dapat memutuskan untuk jalan terus atau membelok dan pindah jalan. Persimpangan jalan dapat didefinisikan sebagai daerah umum di mana dua jalan atau lebih bergabung atau persimpangan termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu-lintas didalamnya (AASHTO, 2001).

Persimpangan pun menjadi salah satu bagian yang harus diperhatikan dalam rangka melancarkan arus transportasi diperkotaan. Oleh karna itu, keberadaannya harus dikelola sedemikian rupa sehingga didapatkan kelancaran pergerakan yang diharapkan.

Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan bergerak secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya. Persimpangan-persimpangan merupakan faktor-faktor yang paling penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan, khususnya di daerah-daerah

perkotaan.

Karena persimpangan harus dimanfaatkan bersama-sama oleh setiap orang yang ingin menggunakannya, maka persimpangan tersebut harus dirancang dengan hati-hati, dengan mempertimbangkan efisiensi, keselamatan, kecepatan, biaya operasi, dan kapasitas. Pergerakan lalu lintas yang terjadi dan urutan-urutannya dapat ditangani dengan berbagai cara, tergantung pada jenis persimpangan yang dibutuhkan (C. Jotin Khisty, 2003)

Khisty (2003) menambahkan, persimpangan dibuat dengan tujuan untuk mengurangi potensi konflik diantara kendaraan (termasuk pejalan kaki) dan sekaligus menyediakan kenyamanan maksimum dan kemudahan pergerakan bagi kendaraan.

2.3.1 Jenis-jenis persimpangan

Secara umum terdapat tiga jenis persimpangan, yaitu persimpangan sebidang, pembagian jalur jalan tanpa ramp, dan simpang susun atau *interchange* (Khisty, 2003). Sedangkan menurut F.D. Hobbs (1995), terdapat tiga tipe umum pertemuan jalan, yaitu pertemuan jalan sebidang, pertemuan jalan tak sebidang, dan kombinasi antara keduanya.

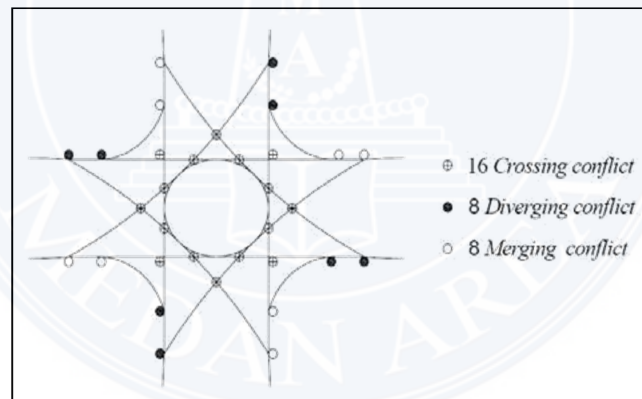
Persimpangan sebidang (*intersection at grade*) adalah persimpangan di mana dua jalan atau lebih bergabung pada satu bidang datar, dengan tiap jalan raya mengarah keluar dari sebuah persimpangan dan membentuk bagian darinya (Khisty, 2003).

2.3.2 Persinggungan di persimpangan

Lintasan kendaraan pada simpang akan menimbulkan titik konflik yang berdasarkan alih gerak kendaraan terdapat 4 (empat) jenis dasar titik konflik yaitu berpencar (*diverging*), bergabung (*merging*), berpotongan (*crossing*), dan berjalanan (*weaving*).

Jumlah potensial titik konflik pada simpang tergantung dari jumlah arah gerakan, jumlah lengan simpang, jumlah lajur dari setiap lengan simpang dan pengaturan simpang. Pada titik konflik tersebut berpotensi terjadinya kecelakaan dan kemacetan lalu lintas.

Pada simpang empat lengan, titik-titik konflik yang terjadi terdiri dari 16 titik *crossing*, 8 titik *diverging* dan 8 titik *merging* seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



(Sumber: Khisty, 2003)

Gambar 2.1 Titik Konflik pada Simpang Empat Lengan

2.4 Lampu Lalu Lintas

Satu metode yang paling penting dan efektif untuk mengatur lalu lintas di persimpangan adalah dengan menggunakan lampu lalu lintas. Menurut C. Jotin

Khisty (2003), lampu lalu lintas adalah sebuah alat elektrik (dengan sistem pengatur waktu) yang memberikan hak jalan pada satu arus lalu lintas atau lebih sehingga aliran lalu lintas ini bisa melewati persimpangan dengan aman dan efisien.

Clarkson H. Oglesby (1999) menyebutkan bahwa setiap pemasangan lampu lalu lintas bertujuan untuk memenuhi satu atau lebih fungsi-fungsi yang tersebut di bawah ini:

1. Mendapatkan gerakan lalu lintas yang teratur
2. Meningkatkan kapasitas lalu lintas pada perempatan jalan
3. Mengurangi frekuensi jenis kecelakaan tertentu
4. Mengkoordinasikan lalu lintas di bawah kondisi jarak sinyal yang cukup baik, sehingga aliran lalu lintas tetap berjalan menerus pada kecepatan tertentu.
5. Memutuskan arus lalu lintas tinggi agar memungkinkan adanya penyebrangan kendaraan lain atau pejalan kaki.
6. Mengatur penggunaan jalur lalu lintas.
7. Sebagai pengendali ramp pada jalan masuk menuju jalan bebas hambatan (*entrancefreeway*).
8. Memutuskan arus lalu lintas bagi lewatnya kendaraan darurat (*ambulance*) atau pada jembatan gerak.

Di lain pihak, Clarkson H. Oglesby (1999) menyebutkan bahwa terdapat hal-hal yang kurang menguntungkan dari lampu lalu lintas, antara lain adalah:

1. Kehilangan waktu yang berlebihan pada pengemudi atau pejalan kaki.
2. Pelanggaran terhadap indikasi sinyal umumnya sama seperti pada

pemasangan khusus.

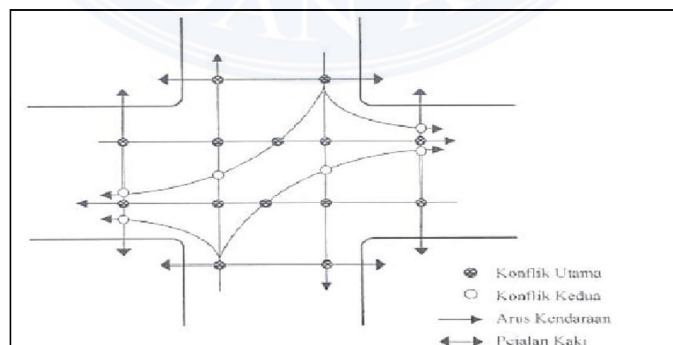
3. Pengalihan lalu lintas pada rute yang kurang menguntungkan.
4. Meningkatkan frekuensi kecelakaan, terutama tumbukan bagian belakang kendaraan dengan pejalan kaki.

2.5 Simpang Bersinyal

Simpang-simpang bersinyal merupakan bagian dari sistem kendali waktu tetap yang dirangkai atau sinyal aktual kendaraan terisolir. Simpang bersinyal biasanya memerlukan metode dan perangkat lunak khusus dalam analisisnya.

Kapasitas simpang dapat ditingkatkan dengan menerapkan aturan prioritas sehingga simpang dapat digunakan secara bergantian. Pada jam-jam sibuk hambatan yang tinggi dapat terjadi, untuk mengatasi hal itu pengendalian dapat dibantu oleh petugas lalu lintas namun bila volume lalu lintas meningkat sepanjang waktu diperlukan sistem pengendalian untuk seluruh waktu (*full time*) yang dapat bekerja secara otomatis.

Pengendalian tersebut dapat digunakan alat pemberi isyarat lalu lintas (*traffic signal*) atau sinyal lalu lintas.



(Sumber: MKJI, 1997)

Gambar 2.2 Konflik-konflik pada simpang bersinyal empat lengan

Menurut MKJI (1997), pada umumnya penggunaan sinyal lalu lintas pada persimpangan dipergunakan untuk satu atau lebih alasan berikut ini.

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 utama.
3. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang bertentangan

2.6 Koordinasi Simpang Bersinyal

Salah satu strategi manajemen lalu lintas yang sangat penting dan besar dampaknya terhadap arus lalu lintas adalah pengaturan dan koordinasi lampu lalu lintas. Pengaturan lampu lalu lintas berupa pengaturan waktu hijau (*green time*), waktu antar hijau (*intergreen*), waktu kuning (*amber time*) dan waktu siklus (*cycle time*).

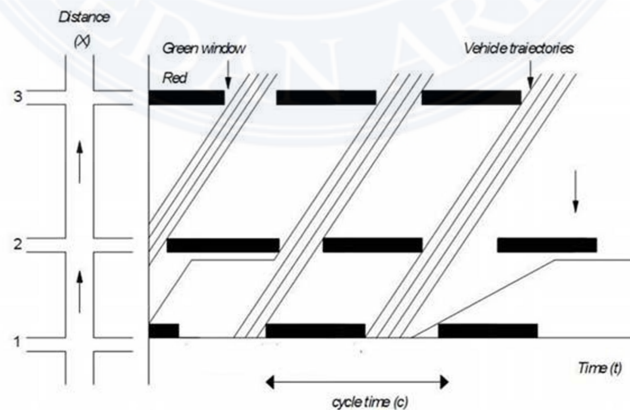
Sedangkan koordinasi lampu lalu lintas berupa koordinasi waktu hijau antara lampu lalu lintas pada suatu persimpangan dengan awal waktu hijau pada persimpangan berikutnya, sehingga sebagian besar kendaraan dapat melewati persimpangan tanpa henti (Ahmad Munawar, 2009).

Koordinasi sinyal antar simpang diperlukan untuk mengoptimalkan kapasitas jaringan jalan karena dengan adanya koordinasi sinyal ini diharapkan tundaan (*delay*) yang dialami kendaraan dapat berkurang dan menghindarkan antrian kendaraan yang panjang.

Sering kali persimpangan dengan sinyal lalu lintas ini sangat berdekatan satu dengan yang lainnya, sehingga cukup logis untuk meninjaunya sekaligus sebagai satu kesatuan. Kendaraan-kendaraan yang melewati satu sinyal selama fase hijau tergabung dalam suatu gelombang (*platoon*), kemudian mencapai sinyal berikutnya tetap dalam kumpulan-kumpulan kendaraan tadi (*platoon*), gerakan seperti ini sering disebut dengan gelombang hijau (E.K.Marlok,1991).

Skenario bentuk penanganan pada masing-masing lokasi penanganan dilakukan dengan memperhatikan kondisi lalu lintas antara kendaraan bermotor dengan kendaraan tak bermotor, pertama-tama yang perlu di analisa adalah waktu siklus koordinasi, yaitu merupakan pembagian jarak antara simpang dengan kecepatan, dimana jarak dibagi kecepatan adalah sama dengan *offset* antara simpang yang di koordinasikan (Priyanto,1990).

Menurut Taylor dkk, (1996) koordinasi antar simpang bersinyal merupakan salah satu jalan untuk mengurangi tundaan dan antrian. Adapun prinsip koordinasi simpang bersinyal menurut Taylor ditunjukkan dalam gambar 2.3 berikut.



(Sumber : Taylor dkk, 1997)

Gambar 2.3 Prinsip koordinasi sinyal dan green wave

Dari Gambar 2.3 di atas, terdapat hal-hal yang perlu diperhatikan dalam mengkoordinasikan sinyal, yaitu:

3. Waktu siklus pada sinyal tiap simpang diusahakan sama, hal ini untuk mempermudah menentukan selisih nyala sinyal hijau dari simpang yang satu dengan simpang berikutnya.
4. Sebaiknya pola pengaturan simpang yang dipergunakan adalah *fixed time signal*, karena koordinasi sinyal dilakukan secara terus menerus.

Sistem koordinasi sinyal dibagi menjadi empat macam sebagai berikut ini:

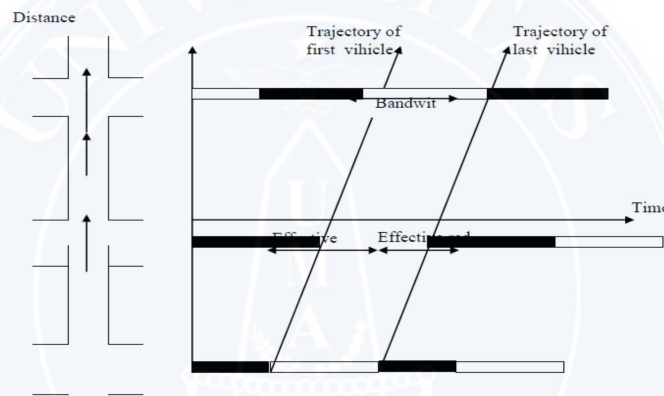
1. Sistem serentak (*simultaneous system*), semua indikasi warna pada suatu koridor jalan menyala pada saat yang sama.
2. Sistem berganti-ganti (*alternate system*), sistem dimana semua indikasi sinyal berganti pada waktu yang sama, tetapi sinyal atau kelompok sinyal pada simpang didekatnya memperlihatkan warna yang berlawanan.
3. Sistem progresif sederhana (*simple progressive system*), berpedoman pada siklus yang umum tetapi dilengkapi dengan indikasi sinyal jalan secara terpisah.
4. Sistem progresif fleksibel (*flexible progressive system*), memiliki mekanisme pengendali induk yang mengatur pengendali pada tiap sinyal. Pengendalian ini tidak hanya memberikan koordinasi yang baik diantara sinyal-sinyal tetapi juga memungkinkan panjang siklus dan pengambilan siklus pada interval di sepanjang hari.

2.6.1 Koordinasi sinyal pada jalan satu arah

Koordinasi sinyal pada jalan satu arah lebih mudah dilakukan dibandingkan dengan dua arah. Karena arah pergerakannya hanya satu arah maka

penentuan *offset* akan lebih mudah. Dengan mengamati kecepatan rata-rata melintasi masing-masing ruas maka *offset* dapat diperoleh yaitu panjang ruas dibagi dengan kecepatan.

Apabila kendaraan bergerak dengan kecepatan tertentu sehingga kendaraan dalam batas *bandwidth*, maka diharapkan kendaraan tersebut tidak mengalami tundaan akibat sinyal merah. Contoh koordinasi sinyal pada jalan satu arah diperlihatkan pada gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 : Prinsip koordinasi sinyal pada jalan satu arah

2.6.2 Syarat koordinasi sinyal

Pada situasi di mana terdapat beberapa sinyal yang mempunyai jarak yang cukup dekat, diperlukan koordinasi sinyal sehingga kendaraan dapat bergerak secara efisien melalui kumpulan sinyal-sinyal tersebut.

Pada umumnya, kendaraan yang keluar dari suatu sinyal akan tetap mempertahankan grupnya hingga sinyal berikutnya. Jarak di mana kendaraan akan tetap mempertahankan grupnya adalah sekitar 300 meter (McShane dan

Roess, 1990).

Untuk mengkoordinasikan beberapa sinyal, diperlukan beberapa syarat yang harus dipenuhi (McShane dan Roess, 1990), yaitu:

1. Jarak antar simpang yang dikoordinasikan tidak lebih dari 800 meter. Jika lebih dari 800 meter maka kordinasi sinyal tidak akan efektif lagi.
2. Semua sinyal harus mempunyai panjang waktu siklus (*cycle time*) yang sama.
3. Umumnya digunakan pada jaringan jalan utama (arteri, kolektor) dan juga dapat digunakan untuk jaringan jalan yang berbentuk grid.
4. Terdapat sekelompok kendaraan (*platoon*) sebagai akibat lampu lalu lintas di bagian hulu.

Selain itu, Taylor, dkk (1996) juga mengisyaratkan bahwa fungsi dari sistem koordinasi sinyal adalah mengikuti volume lalu lintas maksimum untuk melewati simpang tanpa berhenti dengan mulai waktu hijau (*green periods*) pada simpang berikutnya mengikuti kedatangan dari kelompok (*platoon*).

2.6.3 Offset dan Bandwidth

Offset merupakan perbedaan waktu antara dimulainya sinyal hijau pada simpang pertama dan awal hijau pada simpang setelahnya (C.S. Papacostas, 2005). Waktu *offset* dapat dihitung melalui diagram koordinasi. Namun, waktu *offset* juga dapat digunakan untuk memulai membentuk lintasan koordinasi.

Sedangkan *bandwidth* adalah perbedaan waktu dalam lintasan paralel sinyal hijau antara lintasan pertama dan lintasan terakhir (C.S. Papacostas, 2005).

Keduanya berada dalam kecepatan yang konstan dan merupakan platoon yang

tidak terganggu sinyal merah sama sekali.

Besar *offset* dipengaruhi oleh panjang ruas jalan, kecepatan rata-rata kendaraan, antrian kendaraan yang mengantri pada persimpangan hilirnya. Besar *offset* ideal dapat dihitung dengan menggunakan rumus persamaan 2.1 berikut ini:

$$T = \frac{3.6 \times L}{V} \text{ (detik) } \dots\dots\dots (2.1)$$

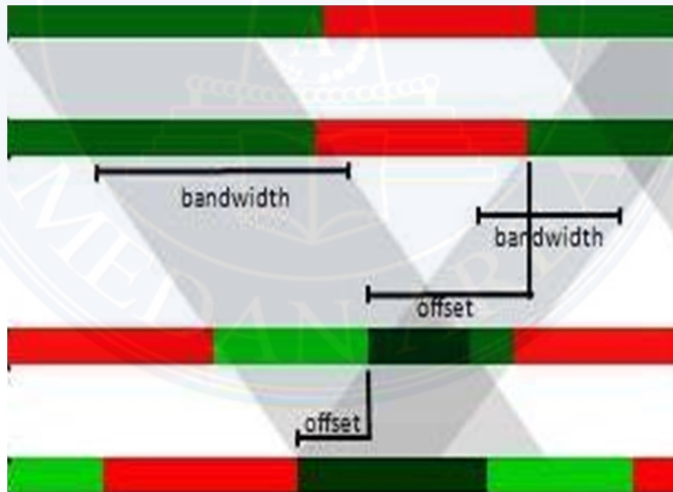
Dimana :

T = Waktu *Offset* (detik)

L = Panjang antar simpang (Panjang ruas jalan) (meter).

V = Kecepatan perjalanan pada ruas jalan (m/detik).

Untuk lebih jelasnya, *offset* dan *bandwidth* dapat dilihat pada gambar diagram koordinasi empat simpang di bawah ini.



(Sumber : C.S. Papacostas, 2005)

Gambar 2.5 *Offset dan Bandwidth* dalam diagram koordinasi

2.6.4 Konsep dasar koordinasi lampu lalu lintas

Menurut Pedoman Sistem Pengendalian Lalu Lintas Terpusat No.AJ401/1/7/1991 Keputusan Direktur Jendral Perhubungan Darat, dasar pendekatan dari perencanaan sistem terkoordinasi pengaturan lalu lintas sepanjang suatu jalan arteri adalah bahwa kendaraan-kendaraan yang lewat jalan tersebut akan melaju dalam bentuk iring-iringan dari satu simpang ke simpang berikutnya.

Berdasarkan kecepatan gerak iring-iringan tersebut, interval lampu dan lama lampu hijau menyala di satu simpang dan di simpang berikutnya dapat ditentukan, sehingga iring-iringan tersebut dapat melaju terus tanpa hambatan sepanjang jalan yang lampu pengatur lalu lintasnya terkoordinasikan.

1. Koordinasi pada jalan satu arah dan jalan dua arah

Bentuk paling sederhana dari satu koordiansi pengaturan lampu lalu lintas adalah pada suatu jalan satu arah di mana tidak ada lalu lintas yang dapat masuk ke dalam ruas jalan tersebut dia antara dua persimpangan. Lampu lalu lintas bagi penyebarangan pejalan kaki pada ruas jalan tersebut diatur sedemikian rupa sehingga arus lalu lintas kendaraan yang bergerak dengan kecepatan tertentu seolah-olah tidak mengalami hambatan.

Kesulitan muncul seandainya jalan tersebut harus melayani lalu lintas dua arah. Jika pengaturan untuk penyebrang jalan diterapkan berdasarkan parameter pergerakan arus lalu lintas dari satu arah tertentu, maka arus lalu lintas arah berlawanan akan menderita kerugian. Kecuali jika lokasi penyebrangan tepat berada di tengah-tengah ruas jalan tersebut.

2. Diagram waktu jarak

Konsep koordinasi pengaturan lampu lalu lintas biasanya dapat digambarkan dalam bentuk DiagramWaktu-jarak (*Time Distance Diagram*)

seperti diperlihatkan pada Gambar 2.3. Diagram waktu-jarak adalah visualisasi dua dimensi dari beberapa simpang yang terkoordinasi sebagai fungsi jarak dan pola indikasi lampu lalu lintas di masing-masing simpang yang bersangkutan sebagai fungsi waktu.

3. Metode koordinasi lampu lalu lintas

1. Pola pengaturan waktu tetap (*Fixed Time Control*). Pola pengaturan waktu yang diterapkan hanya satu, tidak berubah-ubah. Pola pengaturan tersebut merupakan pola pengaturan yang paling cocok untuk kondisi jalan atau jaringan jalan yang terkordinasikan. Pola-pola pengaturan tersebut ditetapkan berdasarkan data-data dan kondisi dari jalan atau jaringan yang bersangkutan.
2. Pola pengaturan waktu berubah berdasarkan kondisi lalu lintas. Pola pengaturan waktu yang diterapkan tidak hanya satu tetapi diubah-ubah sesuai dengan kondisi lalu lintas yang ada. Biasanya ada tiga pola yang diterapkan yang sudah secara umum ditetapkan berdasarkan kondisi lalu lintas sibuk pagi (*morning peak condition*), kondisi lalu lintas sibuk sore (*evening peak condition*), dan kondisi lalu lintas di antara kedua periode waktu tersebut (*off peak condition*).
3. Pola pengaturan waktu berubah sesuai kondisi lalu lintas (*traffic responsive system*). Pola pengaturan waktu yang diterapkan dapat berubah-ubah setiap waktu sesuai dengan perkiraan kondisi lalu lintas yang ada pada waktu yang bersangkutan. Pola-pola tersebut ditetapkan berdasarkan perkiraan kedatangan kendaraan yang dilakukan beberapa saat sebelum penerapannya. Sudah barang tentu

metode ini hanya dapat diterapkan dengan peralatan-peralatan yang lengkap.

2.6.5 Keuntungan dan efek negatif sistem terkoordinasi

Masih menurut Pedoman Sistem Pengendalian Lalu Lintas Terpusat No.AJ401/1/7/1991 Keputusan Direktur Jendral Perhubungan Darat, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam mengkoordinasikan lalu lintas dalam perkotaan, beberapa diantaranya adalah keuntungan dan efek negatif dari penerapan sistem tersebut.

Dalam penerapan sistem pengaturan terkoordinasi, beberapa keuntungannya adalah:

1. Diperolehnya waktu perjalanan total yang lebih singkat bagi kendaraan-kendaraan dengan karakteristik tertentu
2. Penurunan derajat polusi udara dan suara
3. Penurunan konsumsi energi bahan bakar
4. Penurunan angka kecelakaan

Di samping keuntungan-keuntungan yang dapat diperoleh dari penerapan sistem pengaturan lalu lintas terkoordinasi ini, perlu pula diperhatikan akibat negatifnya, seperti:

1. Kemungkinan terjadi waktu perjalanan yang lebih panjang bagi lalu lintas kendaraan yang karakteristik operasinya berbeda dengan karakteristik operasi kendaraan yang diatur secara terkoordinasi.
2. Manfaat penerapan sistem ini akan berkurang jika mempertimbangkan jenis lalu lintas lain seperti pejalan kaki, sepeda, dan angkutan umum.

Umumnya, keuntungan lebih besar akan diperoleh jika sistem ini diterapkan di suatu jaringan jalan arteri utama dibandingkan dengan jaringan jalan yang memiliki banyak hambatan.

3. Koordinasi lampu lalu lintas pada jalan arteri utama akan efektif jika satu simpang dengan simpang yang lain berjarak kurang lebih 800 meter. Jika jarak lebih dari itu, maka keefektivannya akan berkurang.

4.7 Teori MKJI

4.7.1 Ruas Jalan Perkotaan

2.7.1.1 Kecepatan arus bebas (FV) dan kecepatan lalu lintas

Kecepatan arus bebas (FV) adalah kecepatan pada tingkat arus nol yaitu kecepatan yang akan dipilih pengemudi jika mengendarai kendaraan bermotor tanpa dipengaruhi oleh kendaraan bermotor lain di jalan. Kecepatan arus bebas kendaraan ringan telah dipilih sebagai kriteria dasar untuk kinerja segmen jalan pada arus = 0, kecepatan arus bebas untuk kendaraan berat dan sepeda motor juga diberikan sebagai referensi.

Kecepatan arus bebas untuk mobil penumpang biasanya 10-15% lebih tinggi dari tipe kendaraan ringan lain. Persamaan untuk penentuan kecepatan arus bebas menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) Februari 1997, mempunyai bentuk umum berikut.

$$F_v = (F_{v0} + F_{vw}) \times F_{fsf} \times F_{Vcs} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

F_v = kecepatan arus bebas (km/jam)

F_{v0} = kecepatan arus bebas dasar (km/jam)

FVw = penyesuaian lebar jalur lalu lintas jalan (km/jam)

$FFsf$ = paktor penyesuaian hambatan samping

$FFVcs$ = faktor penyesuaian ukuran kota

- a. Kecepatan Arus Bebas Dasar Kendaraan Ringan pada Jalan dan Alinyemen (Fvo).

Secara umum kendaraan ringan memiliki kecepatan arus bebas lebih tinggi dari kendaraan berat dan sepeda motor dan jalan terbagi memiliki kecepatan arus bebas lebih tinggi dari jalan tidak terbagi.

Tabel 2.1 Kecepatan arus bebas dasar (FVo)

Tipe Jalan	Kecepatan arus		
	LV	HV	MC
Empat Lajur Terbagi atau Tiga Lajur Satu Arah	61	52	48
Empat Lajur Terbagi atau Dua Lajur Satu Arah	57	50	47
Empat Lajur Tak Terbagi	53	46	43
Dua Lajur Tak Terbagi	44	40	40

Sumber : MKJI Februari 1997 (hal : 5 – 44)

- b. Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Untuk Lebar Jalur (FVw)

Ditentukan berdasarkan jenis jalan dan lebar lajur lalu-lintas efektif (Wk). Pada jalan selain jalan dua lajur dua arah (2/2) UD, penambahan/ pengurangan kecepatan bersifat linier sejalan dengan selisih luas jalan standart (3.5 m). Hal yang berbeda terjadi pada jalan dua lajur dua arah (2/2) UD terutama Wk (dua arah) kurang dari 6 m sebagaimana tercantum pada tabel berikut ini.

Tabel 2.2. Faktor penyesuaian untuk pengaruh lebar jalur (FVw)

Tipe jalan	Lebar jalur lintas efektif Wc (m)	FCw
	Perlajur	
	3,00	-4
Empat lajur terbagi atau jalan satu arah	3,25	-2
	3,50	0
	3,75	2
	4,00	4
		Perlajur
Empat lajur tak terbagi	3,00	-4
	3,25	-2
	3,50	0
	3,75	2
	4,00	4
Dua lajur tak terbagi	Perlajur	
	5	-95
	6	-3
	7	0
	8	3
	9	4
	10	6
	11	7

Sumber : MKJI Februari 1997 (hal: 5 - 45)

- c. Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Untuk Hambatan Samping (FFVsf)

Tabel 2.3 Faktor penyesuaian untuk pengaruh hambatan samping (FFVsf)

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor Penyesuaian Hambatan Samping dan Lebar Bahu			
		Lebar Bahu Efektif rata-rata W_s (m)			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
2/2	UD VL	0.94	1.01	0.99	1.01
Atau	L	0.92	0.98	0.97	1.00
JalanSatuAr	M	0.89	0.93	0.95	0.98
ah	H	0.82	0.86	0.90	0.95
	VH	0.73	0.79	0.85	0.91

Sumber : MKJI Februari 1997 (hal: 5 – 46)

d. Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Untuk Ukuran Kota (FFVcs)

Tabel 2.4 Faktor penyesuaian kecepatan untuk ukuran kota (FFVcs)

No	Ukuran Kota (juta penduduk)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota
1	<0.1	0.90
2	0.1 - 0.5	0.93
3	0.5 - 1.0	0.95
4	1.0 - 3.0	1.00
5	>3.0	1.03

Sumber : MKJI Februari 1997 (hal: 5 – 48)

Kecepatan rata-rata ruang adalah kecepatan rata-rata kendaraan yang melintasi suatu segmen pengamatan pada suatu waktu rata-rata tertentu. Formula

yang digunakan untuk menghitung kecepatan rata-rata ruang (*Space Mean Speed*) adalah :

$$V_s = \frac{L}{\sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n}} = \frac{nL}{\sum_{i=1}^n t_i} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

V_s = kecepatan tempuh rata-rata (km/jam; m/dt)

L = panjang penggal jalan (km; m)

t_i = waktu tempuh kendaraan ke i untuk melalui

n = jumlah waktu tempuh yang diamati

Kecepatan dan waktu tempuh adalah pengukuran fundamental kinerja lalu lintas dari sistem jalan eksisting, dan kecepatan adalah variabel kunci dalam perancangan ulang atau perancangan dari fasilitas baru. Hampir semua model analisis dan simulasi lalu lintas memperkirakan kecepatan dan waktu tempuh sebagai kinerja pengukuran perancangan, permintaan pengontrol sistem jalan (May, 1990).

Kecepatan dan waktu tempuh bervariasi terhadap waktu, ruang dan antar moda. Variasi terhadap waktu disebabkan karena perubahan arus lalu lintas, bercampurnya jenis kendaraan dan kelompok pengemudi, penerangan, cuaca dan kejadian lalu lintas. Variasi menurut ruang disebabkan perbedaan dalam arus lalu lintas, perancangan geometrik dan pengatur lalu lintas. Variasi menurut jenis kendaraan (antar moda) disebabkan perbedaan keinginan pengemudi dan kemampuan kinerja kendaraan.

Menurut Indonesian Highway Capacity Manual 1, kecepatan lalu lintas untuk jalan kota dapat dihitung berdasarkan rumus berikut.

$$V = V_o \times 0.5 \times [1 + (1 - Q/C)^{0.5}] \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

V = kecepatan (km/jam) pada arus Q

V_o = kecepatan arus bebas yang diperoleh dari grafik pada lampiran modul ini

Q/C = tingkat kejenuhan

C = kapasitas jalan

2.7.1.2 Kapasitas ruas jalan

Kapasitas dasar berdasarkan MKJI 1997 adalah kapasitas segmen jalan pada kondisi geometri, pola arus lalu lintas, dan faktor lingkungan yang sebelumnya. Dan kapasitas nyata adalah kapasitas jalan yang sudah dipengaruhi oleh faktor-faktor lain dengan rumus :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{sc} \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

C = kapasitas

C_o = kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w = faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

FC_{sp} = faktor penyesuaian pemisah arah

FC_{sf} = faktor penyesuaian hambatan samping

FC_{sc} = faktor penyesuaian ukuran kota

2.7.1.3 Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Derajat kejenuhan (DS) dihitung dengan menggunakan volume lalu lintas dan kapasitas dinyatakan dalam smp/jam. Persamaan untuk menghitung DS menurut MKJI Februari 1997 sebagai berikut

$$DS = V / C \dots\dots\dots(2.6)$$

Di mana :

DS = derajat kejenuhan

V = volume lalu lintas

C = kapasitas

2.7.2 Simpang Bersinyal

2.7.2.1 Karakteristik sinyal lalu lintas

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

1. Fase Sinyal

Pemilihan fase pergerakan tergantung dari banyaknya konflik utama, yaitu konflik yang terjadi pada volume kendaraan yang cukup besar. Menurut MKJI, 1997. Jika fase sinyal tidak diketahui, maka pengaturan dengan dua fase sebaiknya digunakan sebagai kasus dasar. Pemisahan gerakan-gerakan belok kanan biasanya hanya dilakukan berdasarkan pertimbangan kapasitas kalau gerakan membelok melebihi 200 smp/jam.

2. Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang

Waktu antar hijau adalah periode kuning dan merah semua antara dua fase yang berurutan, arti dari keduanya sebagai berikut ini:

1. Panjang waktu kuning pada sinyal lalu lintas perkotaan di Indonesia menurut MKJI, 1997 adalah 3,0 detik.
2. Waktu merah semua pendekat adalah waktu dimana sinyal merah menyala bersamaan dalam semua pendekat yang dilayani oleh dua fase sinyal yang berurutan. Fungsi dari waktu merah semua adalah memberi kesempatan bagi kendaraan terakhir (melewati garis henti pada akhir sinyal kuning) berangkat sebelum kedatangan kendaraan pertama dari fase berikutnya.

Waktu hilang (*lost time*) adalah jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap. Waktu hilang dapat diperoleh dari beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau dalam semua fase.

$$LTI = \Sigma (\text{semua merah} + \text{kuning})$$

Ketentuan waktu antar hijau berdasarkan ukuran simpang menurut MKJI (1997) dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Waktu Antar Hijau

Ukuran Simpang	Lebar Jalan Rata-Rata	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 : MKJI Februari 1997 (Hal : 2 – 43)

3. Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Waktu siklus adalah urutan lengkap dari indikasi sinyal (antara dua saat permulaan hijau yang berurutan di dalam pendekat yang sama). Waktu siklus yang paling rendah akan menyebabkan kesulitan bagi pejalan kaki untuk menyebrang, sedangkan waktu siklus yang lebih besar menyebabkan memanjangnya antrian kendaraan dan bertambahnya tundaan, sehingga akan mengurangi kapasitas keseluruhan simpang.

1. Waktu siklus sebelum penyesuaian

$$Cua = \frac{(1.5 \times LTI + 5)}{(1 - \sum FR)} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan :

Cua = waktu siklus sebelum penyesuaian

LTI = waktu hilang total per siklus

FR = rasio arus simpang

2. Waktu hijau (gi)

Waktu hijau untuk masing-masing fase :

$$gi = (Cua - LTI) \times PRi \text{ (detik)} \dots\dots\dots (2.8)$$

3. Waktu siklus yang disesuaikan (c)

$$c = \sum g + LTI \text{ (detik)} \dots\dots\dots (2.9)$$

2.7.2.2 Arus jenuh lalu lintas

Arus lalu lintas untuk setiap gerakan (belok kiri, lurus, dan belok kanan) dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-

masing pendekat terlindung dan terlawan. Nilai konversi untuk setiap jenis kendaraan dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.6 Nilai Ekvivalen Mobil Penumpang

Jenis kendaraan	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 (Hal : 2 – 10)

Rumus yang digunakan dari MKJI (1997) untuk menghitung arus jenuh lalu lintas adalah sebagai berikut :

- Menentukan arus jenuh dasar (S_o) untuk setiap pendekat, untuk pendekat tipe P (arus terlindung).

$$S_o = 600 \times W_e \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan :

W_e = Lebar efektif

- Menghitung nilai arus jenuh S yang dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar untuk keadaan standar, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kondisi-kondisi yang telah ditetapkan :

$$S = S_o \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_g \times F_p \times F_{rt} \times F_{lt} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan :

S_o = Arus jenuh dasar

F_{cs} = Faktor penyesuaian ukuran kota

F_{sf} = Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping, dan

kendaraan tak bermotor

F_G = Faktor penyesuaian untuk kelandaian

F_P = Faktor penyesuaian parker

F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan

F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri

Dengan nilai faktor penyesuaian sebagai berikut ini.

1. Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS})

Faktor penyesuaian ini dibagi menjadi 5 macam menurut jumlah penduduk dan diperoleh dari tabel 2.7 berikut.

Tabel 2.7 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Ukuran kota (CS)	Jumlah Penduduk (Jt)	Faktor penyesuaian ukuran kota
Sangat Kecil	<0,1	0,82
Kecil	0,1-0,5	0,88
Sedang	0,5-1,0	0,94
Besar	1,0-3,0	1,00
Sangat Besar	>3,0	1,05

Sumber : MKJI Februari 1997 (Hal : 2 – 53)

2. Faktor penyesuaian hambatan samping (F_{SF})

Faktor penyesuaian hambatan samping ditentukan dari tabel 2.8 sebagai fungsi dari jenis lingkungan jalan, tingkat hambatan samping dan rasio kendaraan tak bermotor.

Tabel 2.8 Faktor Hambatan Samping fase terlindung (F_{SF})

Tipe Lingkungan	Hambatan Samping	Rasio kendaraan tak bermotor					
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	>0,25
Komersial (COM)	Tinggi	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Pemukiman (RES)	Tinggi	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86	0,84
	Sedang	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	0,98	0,93	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses Terbatas (RA)		1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

Sumber : MKJI, 1997 (Hal : 2 – 53)

3. Faktor penyesuaian parkir (F_p)

Faktor penyesuaian parkir dapat dihitung dari rumus berikut, yang mencakup pengaruh panjang waktu hijau :

$$F_p = \left[(L_p - 3) - \frac{(W_a - 2) \times \left(\frac{L_p}{3} - g\right)}{W_a} \right] \dots \dots \dots (2.12)$$

4. Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT})

Faktor penyesuaian belok kanan ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan, dihitung dengan rumus:

$$F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \times 0,26 \dots \dots \dots (2.13)$$

5. Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT})

Faktor penyesuaian belok kiri dapat dihitung dengan menggunakan rumus

(hanya berlaku untuk pendekat tipe terlindung (P) tanpa LTOR):

$$F_{LT} = 1,0 - P_{LT} \times 0,16 \dots\dots\dots (2.14)$$

2.7.2.3 Kapasitas

Kapasitas pada persimpangan didasarkan pada konsep dan angka arus aliran jenuh (*Saturation Flow*). Angka *Saturation Flow* didefinisikan sebagai angka maksimum arus yang dapat melewati pendekat pertemuan jalan menurut kontrol lalu lintas yang berlaku dan kondisi jalan *Saturation Flow* dinyatakan dalam unit kendaraan per jam pada waktu lampu hijau, di mana hitungan kapasitas masing-masing pendekat adalah :

$$C = S \times cg \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dengan :

C = kapasitas

S = arus Jenuh

g = waktu hijau

c = waktu arus

dan derajat kejenuhan masing-masing diperoleh dari :

$$Ds = \frac{Q}{C} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan :

DS = derajat kejenuhan

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

C = kapasitas

2.7.2.4 Panjang Antrian

Panjang Antrian adalah panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat dan antrian dalam jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekat (kendaraan, smp).

Untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ1) :

1. Untuk $DS > 0.5$ maka :

$$NQ1 = 0,25 \times C \times (DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{-b \pm \sqrt{8x(DS-0.5)}}{c}} \dots(2.17)$$

Dengan :

NQ_1 = jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya (smp)

2. Untuk $DS \leq 0.5$ maka $NQ_1 = 0$

Untuk menghitung antrian smp yang datang selama fase merah (NQ2) :

$$NQ2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dengan :

NQ_2 = jumlah smp yang datang selama fase merah (smp)

GR = rasio hijau

c = waktu siklus

Q_{masuk} = arus lalu lintas pada tempat masuk luar LTOR (smp/jam)

Penyesuaian arus :

$$Q_{peny} = \sum(Q_{masuk} - Q_{keluar} \text{ (smp/jam)}) \dots\dots\dots(2.19)$$

Jumlah kendaraan antrian :

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \text{ (smp)} \dots\dots\dots(2.20)$$

Panjang antrian :

$$QL = \frac{NQ_{max} \times 20}{W_{masuk}} (m) \dots \dots \dots (2.21)$$

Kendaraan terhenti :

Angka henti (NS) masing-masing pendekat :

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q_{xc}} \times 360 (smp/jam) \dots \dots \dots (2.22)$$

Jumlah kendaraan terhenti (Nsv) masing-masing pendekat :

$$Nsv = Q \times Ns (smp/jam) \dots \dots \dots (2.23)$$

Angka henti seluruh simpang :

$$Ns \text{ total} = \sum \frac{NSV}{O_{total}} \dots \dots \dots (2.24)$$

2.7.2.5 Tundaan

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melewati simpang bila dibandingkan dengan situasi tanpa simpang.

1. Menghitung tundaan lalu lintas

Tundaan lalu lintas rata-rata untuk setiap pendekat akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan lainnya pada simpang berdasarkan MKJI,1997 sebagai berikut :

$$DT_j = (cxA) \frac{NQ_1 \times 3600}{c} (det/smp) \dots \dots \dots (2.25)$$

Dengan :

DT = tundaan lalu lintas rata-rata untuk pendekat j

C = waktu siklus yang disesuaikan (det)

$$A = \frac{0.5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)} \dots \dots \dots (2.26)$$

A = konstanta

2. Menentukan tundaan geometri rata-rata (DG)

Tundaan geometri untuk masing-masing pendekat akibat pengaruh perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang atau ketika dihentikan oleh lampu merah.

$$DG_j (1-P_{sv}) \times (P_{sv} \times 4) \text{ (det/smp)} \dots\dots\dots (2.27)$$

Dengan :

DG_j = tundaan geometri rata-rata untuk pendekat j

P_{sv} = rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat

3. Menghitung tundaan geometri gerakan belok kiri langsung (LTOR).

Tundaan lalu lintas dengan belok kiri langsung (LTOR) diasumsikan tundaan geometri rata-rata = 6 detik

4. Menghitung tundaan rata-rata (det/jam)

Tundaan rata-rata dihitung dengan menjumlahkan tundaan lalu lintas (DT) dan tundaan geometri rata-rata untuk pendekat j (DG_j)

5. Menghitung tundaan total

Tundaan Total dalam detik dengan mengalihkan tundaan rata-rata dengan arus lalu lintas.

6. Menghitung tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (D1)

Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (D1) dihitung dengan membagi jumlah nilai tundaan pada kolom 16 dengan jumlah arus total (Q_{tot}) dalam smp/jam.

$$D1 = \sum \frac{(Q \times D)}{Q_{tot}} \text{ (det/smp)} \dots\dots\dots (2.28)$$

Tundaan rata-rata dapat digunakan sebagai indikator tingkat pelayanan

dari masing-masing pendekat demikian juga dari suatu simpang secara keseluruhan.

2.8 Indikator Tingkat Pelayanan (ITP)

Indikator Tingkat Pelayanan (ITP) pada suatu ruas jalan menunjukkan kondisi secara keseluruhan ruas jalan tersebut. Tingkat Pelayanan ditentukan berdasarkan nilaikuantitatif seperti NVK, kecepatan perjalanan, dan faktor lain yang ditentukan berdasarkan nilai kualitatif seperti kebebasan pengemudi dalam memilih kecepatan, derajat hambatan lalulintas, serta kenyamanan.(Tamin,ofyar Z,2000).

Secara umum indeks tingkat pelayanan (ITP) dapat dibedakan sebagai berikut.

Indeks Tingkat Pelayanan A

Kondisi arus lalu lintasnya bebas antara satu kendaraan dengan kendaraan lainnya, besarnya kecepatan sepenuhnya ditentukan oleh keinginan pengemudi dan sesuai dengan batas kecepatan yang telah ditentukan.

Indeks Tingkat pelayanan B

Kondisi arus lalu lintas stabil, kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kendaraan lainnya dan mulai dirasakan hambatan oleh kendaraan di sekitarnya.

Indeks Tingkat pelayanan C

Kondisi arus lalu lintas masih dalam batas stabil, kecepatan operasi mulai dibatasi dan hambatan dari kendaraan lain semakin besar.

Indeks Tingkat pelayanan D

Kondisi arus lalu lintas mendekati tidak stabil, kecepatan operasi menurun relative cepat pada akibat hambatan yang timbul, dan kebebasan bergerak relatif kecil.

Indeks Tingkat pelayanan E

Volume lalu lintas sudah mendekati kapasitas ruas jalan, kecepatan kira-kira lebih rendah dari 40 km/jam. Pergerakan lalu lintas kadang terhambat.

Indeks Tingkat pelayanan F

Pada tingkat pelayanan ini arus lalu lintas berada dalam keadaan dipaksakan, kecepatan relatif rendah, arus lalu lintas sering terhenti sehingga menimbulkan antrian kendaraan yang panjang.

Nilai indeks tingkat pelayanan (ITP) berdasarkan kecepatan perjalanan dan kecepatan arus bebas pada ruas jalan dapat dilihat pada tabel 2.9 dan tabel 2.10 berikut ini.

Tabel 2.9 Indeks Tingkat Pelayanan (ITP) berdasarkan kecepatan perjalanan rata-

	Rata		
Kelas arteri	I	II	III
Kecepatan (km/jam)	72-56	56-48	56-40
ITP	Kecepatan perjalanan rata – rata (km/jam)		
A	≥ 56	≥ 48	≥ 40
B	≥ 45	≥ 38	≥ 31
C	≥ 35	≥ 29	≥ 21
D	≥ 28	≥ 23	≥ 15
E	≥ 21	≥ 16	≥ 11
F	< 21	< 15	< 11

Sumber: Tamin dan Nahdalina (1998)

Tabel 2.10 Indeks Tingkat Pelayanan (ITP) berdasarkan kecepatan arus bebas dan tingkat kejenuhan lalu lintas

Tingkat Pelayanan	% dari kecepatan bebas	Tingkat kejenuhan Lalulintas
A	≥ 90	$\leq 0,35$
B	≥ 70	$\leq 0,54$
C	≥ 50	$\leq 0,77$
D	≥ 40	$\leq 0,93$
E	≥ 33	$\leq 1,0$
F	< 33	> 1

Sumber: Tamim dan Nahdalina (1998)

Dengan menggunakan hubungan dasar volume, kapasitas dan kecepatan perjalanan yang telah ditetapkan *Highway capacity manual 1965*, dapat ditentukan Indeks Tingkat Pelayanan (ITP) berdasarkan grafik hubungan rasio volume kapasitas atau derajat kejenuhan (DS) dengan kecepatan (Edward K.Marlok,1991).

Klasifikasi indeks tingkat pelayanan ruas jalan berdasarkan nilai rasio volume kapasitas atau nisbah volume kapasitas (NVK) dapat dilihat pada tabel berikut .

Tabel 2.11 Indikator Tingkat Pelayanan berdasarkan nilai rasio volume kapasitas atau nisbah volume kapasitas (NVK)

Tingkat Pelayanan	Karakteristik	Interval VC Ratio
A	Kondisi arus bebas dengan kecepatan tinggi, (<i>Free flow</i> / arus bebas)	0,00 - 0,19
	pengemudi dapat memilih kecepatan yang diinginkan tanpa hambatan sesuai dengan	

batas kecepatan yang ditentukan

Lanjutan Tabel 2.1 1

B	Arus stabil tetapi kecepatan operasional mulai	0,20 - 0,44
(<i>stable flow</i> /arus stabil)	dibatasi oleh kondisi lalu lintas. Pengemudi memiliki kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatan	
C	Arus masih dalam batas stabil tetapi	0,45 - 0,74
(<i>stable flow</i> /arus stabil)	kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan. Pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan	
D	Arus mendekati tidak stabil, kecepatan masih	0,75 - 0,84
(<i>Approching unstable flow</i> /arus hampir tidak stabil)	dikendalikan namun menurun relatif cepat akibat hambatan yang timbul. Pengemudi dibatasi memilih kecepatan dan kebebasan bergerak relative kecil	
E	Arus tidak stabil karena volume lalu lintas	0,85 - 0,99
(<i>Unstable flow</i> /arus tak stabil)	mendekati/berada pada kapasitas dimana kecepatan lebih rendah dari 40 km/jam dan pergerakan kendaraan terkadang terhenti	
F	Arus yang dipaksakan atau macet, kecepatan	$\approx 1,00$
(<i>Forced Flow</i> /arus yang dipaksakan)	rendah, volume di atas kapasitas. Arus lalu lintas sering terhenti hingga terjadi antrian panjang dan hambatan hambatan yang besar.	

Sumber : Simposium ke-7 FSTPT, Universitas Parahyangan Bandung, 11 September 2004

Untuk menentukan nilai indeks tingkat pelayanan (ITP) pada persimpangan diukur berdasarkan nilai tundaan. Tundaan di persimpangan adalah total waktu hambatan rata-rata yang dialami oleh kendaraan sewaktu melewati suatu persimpangan (Tamin, ofyar Z, 2000).

Hambatan tersebut muncul jika kendaraan terhenti karena terjadi antrian di persimpangan sampai kendaraan itu keluar dari persimpangan karena adanya pengaruh kapasitas persimpangan yang sudah tidak memadai. Nilai tundaan mempengaruhi nilai waktu tempuh kendaraan. Semakin tinggi nilai tundaan, semakin tinggi pula waktu tempuhnya.

Nilai indeks tingkat pelayanan (ITP) pada persimpangan berdasarkan nilai tundaan dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut ini.

Tabel 2.12 Indikator Tingkat Pelayanan berdasarkan nilai tundaan pada persimpangan

Indeks Tingkat Pelayanan (ITP)	Tundaan perkendaraan (detik)
A	$\leq 5,0$
B	5.1 -15.0
C	15.1 – 25.0
D	25.1 – 40.0
E	40.1 – 60.0
F	>60.0

Sumber: Tamin dan Nahdalina (1998)