

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Medan merupakan salah satu kota metropolitan di Indonesia yang memiliki titik bangkitan dan tarikan perjalanan yang beragam seperti area perkantoran, area sekolah, area perdagangan, area rumah sakit, area pemukiman dan area lainnya, pergerakan ini dilakukan oleh masyarakat baik secara individual maupun berkelompok menuju ke suatu area yang akan dituju (katrina, 2005). Pergerakan ini akan menimbulkan kepadatan pada suatu ruas jalan dan persimpangan tertentu, maka dilakukanlah perencanaan maupun pengaturan lalu lintas yang direncanakan dan diatur sedemikian rupa guna untuk meningkatkan keefektifitasan suatu ruas jalan guna memberikan kenyamanan, kelancaran, maupun keamanan bagi pengguna jalan. Permasalahan yang sering terjadi adalah kendaraan harus selalu berhenti karena mendapat sinyal merah pada tiap simpang pada simpang-simpang yang memiliki jarak yang berdekatan (fitria purnyanti, 2014). Salah satu cara pengaturan lalu lintas adalah dengan cara mengkoordinasikan persimpangan yang memiliki jarak berdekatan antara satu simpang dengan simpang yang lain.

Pengkoordinasian ini dilakukan agar platoon yang keluar dari suatu simpang yang bersinyal hijau tidak akan berhenti di simpang berikutnya di karenakan terkena sinyal merah sehingga platoon dapat terus bergerak tanpa harus mengalami tundaan pada suatu persimpangan yang memiliki jarak yang dekat (Meiman Zega, 2013), namun adakalanya pengkoordinasian ini tidak dapat diterapkan dikarenakan kondisi suatu simpang bias berbeda dengan simpang yang ada didepanyya(Azhari, 2009).

Pada persimpangan antara simpang Jalan Sisimangaraja-Tritura (simpang ke1)Dan jalan tritura-Stm (simpang ke 2) serta jalan merupakan beberapa simpang yang jarak antara simpang satu dengan simpang lainnya memiliki jarak yang pendek dan merupakan simpang-simpang yang memiliki panjang antrian yang panjang ketika sinyal merah menyala pada suatu pendekat terutama pada saat jam-jam puncak. Sehingga diperlukan perhatian khusus untuk meningkatkan

keefektifitasan dari persimpangan-persimpangan tersebut agar konflik yang terjadi dapat diminimalisir atau mungkin dapat dihilangkan.

Pengkoordinasian pada simpang ini didesain agar gelombang platoon yang keluar dari pendekat Jl.Sisimangaraja dapat langsung keluar ke pendekat simpang Tritura dan sampai ke simpang Stm tanpa harus berhenti dan menunggu sinyal merah yang nantinya akan berakibatkan lamanya waktu tundaan dan juga panjangnya antrian. Perlakuan ini dilakukan dengan mengutamakan jalur utama yang bervolume lebih besar sehingga dapat menghindari tundaan akibat lampu (Mohammad Ikhwan, 2014). Koordinasi simpang bersinyal bertujuan untuk mengurangi terjadinya antrian dan tundaan pada beberapa simpang bersinyal yang berdekatan secara berurutan, sehingga dapat memberikan kelancaran lalu-lintas (Abdurrahman 2006).

1.2 Maksud & Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk memberikan alternatif masukan serta pertimbangan kepada pemerintah kota Medan untuk meningkatkan kinerja simpang bersinyal dengan cara pengkoordinasian simpang.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meminimalisirkan waktu tundaan guna untuk meningkatkan tingkat pelayanan simpang.

Tujuan yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui Analisa Koordinasi Simpang Bersinyal Terhadap Kinerja Simpang Jalan Sisimangaraja-tritura dan Simpang Tritura-STM
2. Bagaimana koordinasi sinyal antar simpang yang tepat untuk mengurangi panjang antrean dan waktu tundaan?

1.3 Rumusan Masalah

Adapun pemasalahan yang terjadi dipersimpangan dan ruas jalan Sisimangaraja-Tritura-STM hasil identifikasi permasalahan adalah sebagai berikut;

- a. Koordinasi Persimpang
- b. Kinerja Persimpangan

1.4 Batasan Masalah

Sesuai dengan maksud dan tujuan dari penelitian ini serta keterbatasan waktu dan biaya maka penelitian ini dibatasi pada:

1. Menghitung kinerja persimpangan saat sekarang ini dengan menggunakan metode penghitungan manual kapasitas jalan Indonesia (MKJI) 1997.
2. Survei lalu lintas dilakukan pada 7 (Tujuh) hari kerja pada jam sibuk pagi, siang dan sore.
3. Nilai hambatan samping yang digunakan adalah nilai terendah.
4. Tidak membahas pengaruh parkir kendaraan disepanjang jalan Sisimangaraja-Tritura-Stm

1.5 Manfaat Penelitian

Sedangkan manfaat dari dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Terkoordinasinya pengaturan sinyal antar simpang di tempat penelitian.
2. Mengetahui nilai perbandingan kinerja simpang sebelum dan sesudah dikoordinasikan.
3. Sebagai alternatif masukan dan pertimbangan bagi instansi yang terkait yaitu Pemerintah kota Medan dan dinas perhubungan kota Medan untuk melakukan tindakan yang tepat sehingga kinerja koordinasi simpang tersebut menjadi lebih baik

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Jalan

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, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (PP RI NO.32 Tahun 2011 tentang manajemen dan rekayasa, analisis dampak, serta manajemen kebutuhan lalu lintas). Fungsi utama jalan adalah untuk mengalirkan arus pergerakan semua alat transportasi yang memakainya.

Jalan dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis berdasarkan fungsi jalan, berdasarkan administrasi pemerintah dan berdasarkan muatan sumbu. Banyak sekali faktor sebagai penentuan klasifikasi antara lain besarnya volume lalu lintas, kapasitas jalan, keekonomian dari jalan tersebut dan pembiayaan pembangunan dan perawatan jalan.

Dalam UU No. 38/2004, jalan terdiri dari Jalan Umum yakni jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum, dan Jalan Khusus yang dibangun oleh instansi, badan usaha, perseorangan, atau kelompok masyarakat untuk kepentingan sendiri dan bukan diperuntukkan bagi lalu lintas umum. Pengelompokan jalan umum dilakukan menurut Sistem, Fungsi, Status dan Kelas.

a) Pengelompokan Jalan Umum Menurut Sistem

Menurut sistem dikenal adanya sistem jaringan jalan primer yaitu sistem jaringan jalan yang mempunyai peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan, yang dalam pengertian sederhana merupakan jaringan jalan antarperkotaan, dan sistem jaringan jalan sekunder yang merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat dalam kawasan perkotaan atau dalam bahasa sederhananya adalah jaringan jalan dalam kawasan perkotaan

b) Pengelompokan Jalan Umum Menurut Fungsi

Menurut fungsi jalan dikelompokkan sebagai Jalan Arteri, Jalan Kolektor, Jalan Lokal, dan Jalan Lingkungan dengan pengertian yang tidak berubah dibandingkan dengan yang ada dalam UU No. 13/1980, namun dalam UU No. 38/2004 dimasukkan kelompok jalan lingkungan, yang tidak terdapat dalam UU No. 13/1980, yang merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan dekat, dan kecepatan rata-rata rendah

c) Pengelompokan Jalan Umum Menurut Status

Dalam UU No. 13/1980 jalan menurut statusnya dibedakan berdasarkan wewenang pembinaannya yakni dibedakan antara Jalan Nasional yaitu jalan umum yang pembinaannya dilakukan oleh Menteri dan Jalan Daerah yakni jalan umum yang pembinaannya dilakukan oleh Pemerintah Daerah.

Dalam UU No. 34/2004 sekalipun pengelompokan jalan menurut statusnya dimaksudkan agar terwujud kepastian hukum penyelenggaraan jalan sesuai dengan kewenangan Pemerintah dan pemerintah daerah, namun pengelompokan jalan menurut status tidak didasarkan pada siapa penyelenggaranya namun lebih ditekankan kepada lingkup layanan jalan tersebut yakni mencakup nasional, provinsi, kabupaten, kota atau desa. Jalan Nasional yang mempunyai lingkup layanan nasional yakni jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi, dan jalan strategis nasional serta jalan tol.

Sedangkan Jalan Provinsi yang mempunyai lingkup layanan provinsi adalah merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota atau antaribukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi. Kemudian Jalan Kabupaten yang mempunyai lingkup layanan kabupaten adalah merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antaribukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten. Jalan kota yang mempunyai lingkup layanan kota adalah jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antarpusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antarpersil,

menghubungkan antarpusat permukiman yang berada di dalam kota. Jalan Desa adalah merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antarpermukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan

d) Pengelompokan Jalan Umum Menurut Kelas

Berbeda dengan pengertian kelas jalan yang selama ini dikenal dalam peraturan perundang-undangan tentang lalu-lintas dan angkutan jalan (UU No. 14/1992 dan PP No. 43/1993) yang membagi jalan dalam beberapa kelas dengan didasarkan pada kebutuhan transportasi, pemilihan moda dengan mempertimbangkan keunggulan karakteristik masing-masing moda, perkembangan teknologi kendaraan bermotor, muatan sumbu terberat kendaraan bermotor serta konstruksi jalan, yakni kelas jalan I, II, III A, III B, dan III C, maka kelas jalan yang dimaksud dalam UU No. 38/2004 tersebut didasarkan pada spesifikasi penyediaan prasarana jalan yang mencakup sifat lalu lintas yang dilayani, pengendalian jalan masuk, jumlah lajur, median, dan lebar jalur lalu lintas. Pengelompokan jalan sesuai kelas jalan yang berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan tersebut terdiri dari Jalan Bebas Hambatan (Freeway), Jalan Raya (Highway), Jalan Sedang (Road), dan Jalan Kecil (Street).

Berdasarkan fungsinya, jaringan jalan dapat diklasifikasikan berupa:

- a. Jalan arteri adalah jalan yang melayani angkutan jarak jauh dengan kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk (persimpangan) sebidang dibatasi secara efisien atau ditiadakan.
- b. Jalan kolektor adalah jalan yang melayani angkutan jarak sedang dengan kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk (persimpangan sebidang) masih dibatasi.
- c. Jalan lokal adalah jalan yang melayani angkutan jarak dekat dengan kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk (persimpangan sebidang) tidak dibatasi.

2.2 Persimpangan

Persimpangan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari semua sistem jalan. Ketika berkendara di dalam kota, orang dapat melihat bahwa kebanyakan jalan di daerah perkotaan biasanya memiliki persimpangan, di mana pengemudi dapat memutuskan untuk jalan terus atau berbelok dan pindah jalan.

Menurut Departemen Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat (1996), persimpangan adalah simpul pada jaringan jalan di mana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan. 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 (Khristy, 2003). Khristy (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

2.2.1 Jenis-jenis Persimpangan

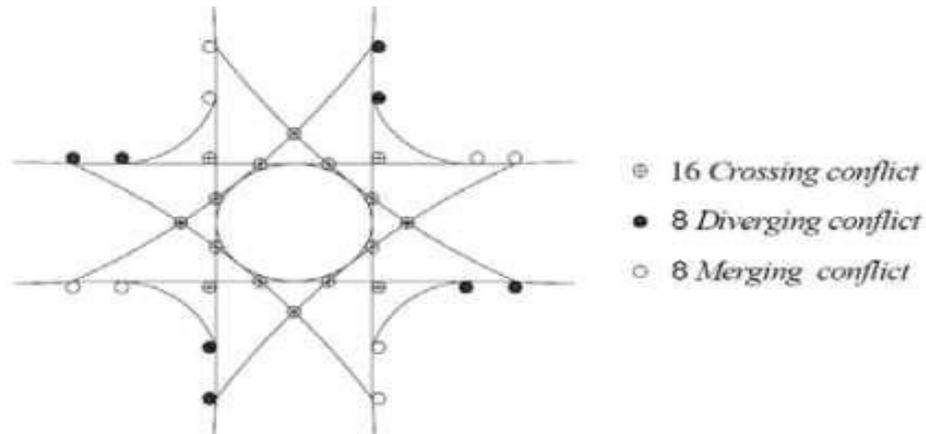
Secara umum terdapat tiga jenis persimpangan, yaitu persimpangan sebidang, pembagian jalur jalan tanpa ramp dan simpang susun atau interchange (Khristy, 2003). Sedangkan menurut F.D. Hobbs (1995), terdapat tiga tipe umum pertemuan jalan, yaitu pertemuan jalan sebidang, pertemuan jalan tak sebidang, dan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

2.2.2 Persinggungan di Persimpangan

Lintasan kendaraan pada simpang akan menimbulkan titik konflik yang berdasarkan alih gerak kendaraan terdapat 4 (empat) jenis dasar titik konflik yaitu berpecah (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



Gambar 2.1 Titik Konflik pada Simpang Empat Lengan

(Sumber: Khisty, 2003)

Tujuan utama pengaturan lalu lintas umumnya adalah untuk menjaga keselamatan arus lalu lintas dengan memberikan petunjuk-petunjuk yang jelas dan terarah, tidak menimbulkan keraguan. Pengaturan lalu lintas disimpang dapat dicapai dengan menggunakan lampu lalu lintas, marka, dan rambu-rambu yang mengatur, mengarahkan dan memperingati serta pulau-pulau lalu lintas. Pengaturan persimpangan dapat dilakukan dengan 3 (tiga) cara yaitu dengan prioritas, Giliran dan dengan lampu lalu lintas. Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1997) terdapat empat jenis dasar dari alih gerak kendaraan yang berbahaya seperti berikut:

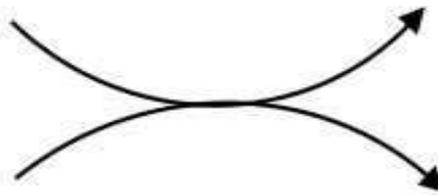
1. Memisah (*diverging*)



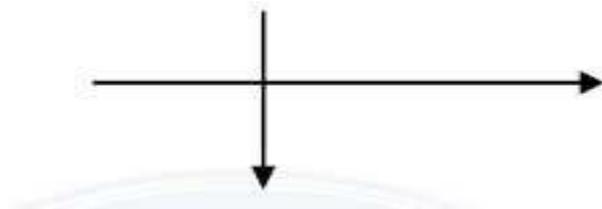
2. Bergabung (*merging*)



3. Bersilang (*weaving*)



4. Berpotongan (*crossing*)



Gambar 2.2 Prinsip Koordinasi Sinyal dan Green Wave

(Sumber: Taylor, *et.all.*, 1997)

a) Memisah (*Diverging*)

Memisah (*Diverging*) adalah peristiwa berpecahnya pergerakan kendaraan yang melewati suatu ruas jalan ketika kendaraan tersebut sampai pada titik persimpangan. Konflik ini dapat terjadi pada saat kendaraan melakukan gerakan membelok atau berganti jalur.

b) Bergabung (*Merging*)

Bergabung (*Merging*) adalah peristiwa bergabungnya kendaraan yang bergerak dari beberapa ruas jalan ketika sampai pada titik persimpangan, dan juga pada saat kendaraan melakukan pergerakan membelok dan bergabung

c) Berpotongan (*Crossing*)

Berpotongan (*Crossing*) adalah peristiwa berpotongan antara arus kendaraan dari satu lajur ke lajur lain pada persimpangan, biasanya keadaan demikian akan menimbulkan titik konflik pada persimpangan.

d) Menyilang (*Weaving*)

Menyilang (*Weaving*) adalah pertemuan dua arus lalu lintas atau lebih yang berjalan menurut arah yang sama sepanjang suatu lintasan di jalan raya tanpa bantuan rambu lalu-lintas. Gerakan ini sering terjadi pada suatu kendaraan yang berpindah dari suatu jalur ke jalur lain, misalnya pada saat kendaraan masuk ke suatu jalan raya dari jalan masuk kemudian bergerak ke jalur lain untuk mengambil jalan keluar dari jalan raya tersebut, kendaraan ini akan menimbulkan titik konflik pada persimpangan tersebut

2.3 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



Gambar 2.3 Lampu Lalu lintas

(sumber : <https://etsworlds.blogspot.co.id>)

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 penyeberangan kendaraan lain atau pejalan kaki.
6. Mengatur penggunaan jalur lalu lintas
7. Sebagai pengendali ramp pada jalan masuk menuju jalan bebas hambatan (entrance freeway).
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.

Bila arus sudah semakin tinggi, atau dua jalan dengan tingkatan yang sama bertemu maka digunakan lampu lalu lintas. Isyarat lampu yang digunakan ditetapkan berdasarkan ketentuan internasional Vienna Convention on Road Signs and Signals tahun 1968, di mana isyarat lampu merah berarti berhenti, isyarat lampu kuning berarti bersiap untuk berhenti atau jalan, sedang isyarat lampu hijau berarti berjalan.

Urutan lampu menyala seperti ditunjukkan dalam gambar 2.3 adalah:

- 1) Lampu merah menyala, kendaraan berhenti
- 2) Lampu merah dan kuning menyala, kendaraan bersiap untuk berjalan
- 3) Lampu hijau, kendaraan berjalan
- 4) Lampu kuning, kendaraan berhenti kecuali terlalu dekat dengan garis henti.

Beberapa istilah yang digunakan dalam operasional lampu persimpangan bersinyal (Liliani, 2002):

- a. Siklus, urutan lengkap suatu lampu lalu lintas
- b. Fase (phase), adalah bagian dari suatu siklus yang dialokasikan untuk kombinasi pergerakan secara bersamaan.
- c. Waktu Hijau Efektif, adalah periode waktu hijau yang dimanfaatkan pergerakan pada fase yang bersangkutan.
- d. Waktu Antar Hijau, waktu antara lampu hijau untuk satu fase dengan awal lampu hijau untuk fase lainnya.
- e. Rasio Hijau, perbandingan antara waktu hijau efektif dan panjang siklus.
- f. Merah Efektif, waktu selama suatu pergerakan atau sekelompok pergerakan secara efektif tidak diijinkan bergerak, dihitung sebagai panjang siklus dikurangi waktu hijau efektif.
- g. Lost Time, waktu hilang dalam suatu fase karena keterlambatan start kendaraan dan berakhirnya tingkat pelepasan kendaraan yang terjadi selama waktu kuning.

2.4 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.

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

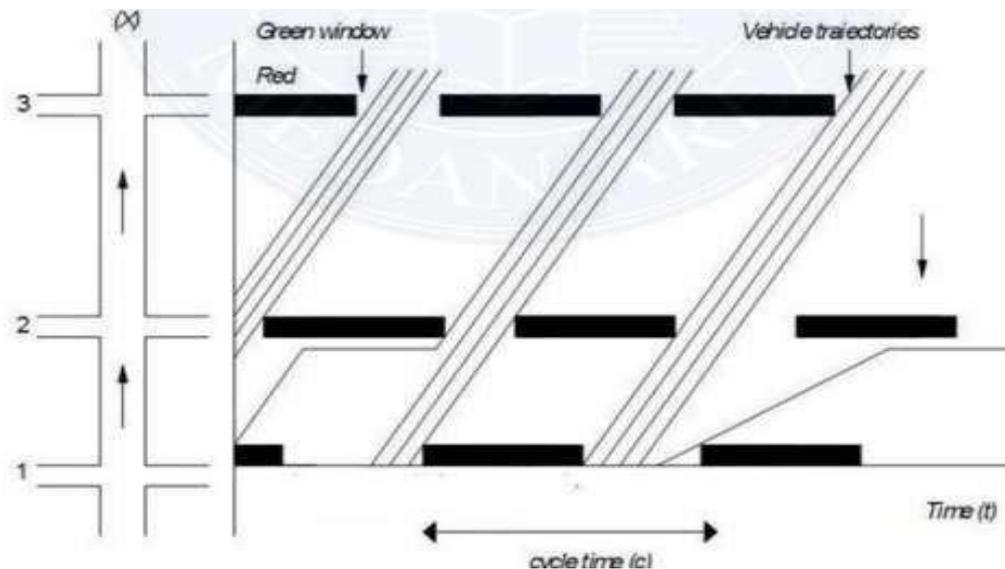
1. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak.

2. Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalansimpang (kecil) untuk memotong jalan utama.
3. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang bertentangan

2.5 Koordinasi Simpang Bersinyal

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. Keendaraan yang telah bergerak meninggalkan satu simpang diupayakan tidak mendapati sinyal merah pada simpang berikutnya, sehingga dapat terus berjalan dengan kecepatan normal. Sistem sinyal terkoordinasi mempunyai indikasi sebagai salah satu bentuk manajemen transportasi yang dapat memberikan keuntungan berupa efisiensi biaya operasional (Sandra Chitra Amelia, 2008 dikutip dari Arouffy, 2002).

Menurut Taylor, *et.all* (1996) koordinasi antar simpang bersinyal merupakan salah satu jalan untuk mengurangi tundaan dan antrian. Adapun prinsip koordinasi simpang bersinyal menurut Taylor ditunjukkan dalam Gambar 2.5 berikut:



Gambar 2.4 Prinsip Koordinasi Sinyal dan Green Wave

(Sumber: Taylor, *et.all.*, 1997)

Dari Gambar 2.4 diatas, terdapat hal-hal yang perlu diperhatikan dalam mengkoordinasikan sinyal, yaitu:

1. Waktu siklus pada sinyal tiap simpang diusahakan sama, hal ini untuk mempermudah menentukan selisih nyala sinyal hijau dari simpang yang satu dengan simpang berikutnya.
2. 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.

2.5.1 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:

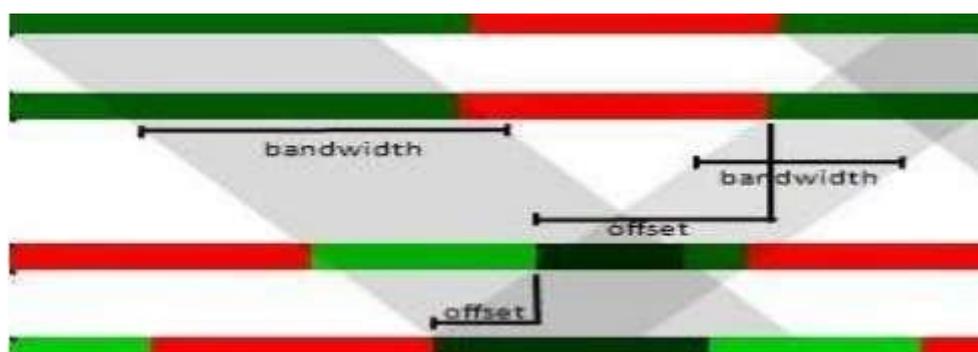
1. Jarak antar simpang yang dikoordinasikan tidak lebih dari 800 meter. Jika lebih dari 800 meter maka koordinasi sinyal tidak akan efektif lagi.
2. Semua sinyal harus mempunyai panjang waktu siklus (cycle time) yang sama.
3. Umumnya digunakan pada jaringan jalan utama (arteri, kolektor).

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)

2.5.2 Offset dan Bandwidth

Sinyal merah sama sekali.. *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 koordinasiterganggu



Gambar 2.5. *Offset dan Bandwidth* dalam Diagram Koordinasi

(Sumber: C.S. Papacostas, 2005)

2.5.3 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 koordinasi pengaturan lampu lalu lintas adalah pada suatu jalan satu arah di mana tidak ada lalu lintas yang dapat masuk ke dalam ruas jalan tersebut di antara dua persimpangan. Lampu lalu lintas bagi penyeberangan 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 penyeberang jalan diterapkan berdasarkan parameter pergerakan arus lalu lintas dari satu arah tertentu, maka arus lalu lintas arah berlawanan akan menderita kerugian, kecuali jika lokasi penyeberangan tepat berada di tengah-tengah ruas jalan tersebut.

2. Diagram waktu jarak

Konsep koordinasi pengaturan lampu lalu lintas biasanya dapat digambarkan dalam bentuk Diagram Waktu-jarak (Time Distance Diagram) seperti diperlihatkan pada Gambar 2.5. 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 terkoordinasikan. 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.

2.5.4 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 keefektifitasannya akan berkurang.

2.6 Teori MKJI

2.6.1 Simpang Bersinyal

2.6.1.1 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 anatara 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 2.1

Tabel 2.1 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, 1997

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 menyeberang, sedangkan waktu siklus yang lebih besar menyebabkan memanjangnya antrian kendaraan dan bertambahnya tundaan, sehingga akan mengurangi kapasitas keseluruhan simpang.

1) Waktu siklus sebelum penyesuaian

$$Cua = \frac{1.5 \times LTI + 5}{1 - \sum FR} \dots\dots\dots (2.1)$$

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

$$g_i = (Cua - LTI) \times PR_i \text{ (detik)} \dots\dots\dots (2.2)$$

3) Waktu siklus yang disesuaikan (c)

$$c = \sum g + LTI \text{ (detik)} \dots\dots\dots (2.3)$$

2.6.1.2 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 pendekatan terlindung dan terlawan. Nilai konversi untuk setiap jenis kendaraan dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Nilai Ekivalen Mobil Penumpang

Jenis kendaraan	Terlindungi	Terlawan
Kendaraan ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan berat (HV)	1,3	1,3e
Sepeda motor (MC)	0,2	0,4

Sumber: MKJI simpang bersinyal, 1997

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

1. Menentukan arus jenuh dasar (S_0) untuk setiap pendekatan, untuk pendekatan tipe P (arus terlindung)

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

Dengan: W_e = Lebar efektif

2. 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:

$$S = S_0 \times F_{cs} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan:

S_0 = Arus jenuh dasar

F_{cs} = Faktor penyesuaian ukuran kota

FSF = Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping, dan kendaraan tak bermotor

FG = Faktor penyesuaian untuk kelandaian

FP = Faktor penyesuaian parker

FRT = Faktor penyesuaian belok kanan

FLT = Faktor penyesuaian belok kiri

Dengan nilai faktor penyesuaian sebagai berikut ini.

1. Faktor penyesuaian ukuran kota (FCS)

Faktor penyesuaian ini dibagi menjadi 5 macam menurut jumlah penduduk dan diperoleh dari Tabel 2.3

Tabel 2.3 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Ukuran kota (CS)	Jumlah Penduduk (Juta)	Faktor penyesuaian ukuran kota (Fcs)
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 simpang bersinyal, 1997

2. Faktor penyesuaian hambatan samping (FSF)

Faktor penyesuaian hambatan samping ditentukan dari Tabel 2.4 sebagai fungsi dari jenis lingkungan jalan, tingkat hambatan samping dan rasio kendaraan tak bermotor.

Tabel 2.4 Faktor Hambatan Samping fase terlindung (FSF)

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	0,87	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	0,89	0,86	0,80
	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	0,95	0,90	0,88

Sumber : MKJI simpang bersinyal, 1997

3. Faktor penyesuaian parkir (FP)

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

$$F_p = \left[(L_p - 3) - \frac{(W_a - 2) \times (\frac{L_p}{3} - g)}{W_a} \right] \dots \dots \dots (2.6)$$

4. Faktor penyesuaian belok kanan (FRT)

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

$$F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \times 0,26 \dots \dots \dots (2.7)$$

5. Faktor penyesuaian belok kiri (FLT)

Faktor penyesuaian belok kiri dapat dihitung dengan menggunakan rumus (hanya berlaku untuk pendekat tipe terlindung (P) tanpa LTOR)

$$F_{LT} = 1,0 - P_{LT} \times 0,16 \dots \dots \dots (2.8)$$

2.6.1.3 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 :

$$C = S \times c_g \text{ (smp/jam)} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dengan:

C = Kapasitas

S = Arus Jenuh

g = Waktu hijau

c = Waktu arus

Derajat kejenuhan masing-masing diperoleh dari:

$$DS = \frac{Q}{C} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dengan:

DS = derajat kejenuhan

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

C= kapasitas

2.6.1.4 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 ::

$$NQ1 = 0,25 \times C \times (DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{-b \pm \sqrt{8x(DS-0.5)}}{c}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan :

NQ1 = jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya (smp)

Untuk $DS \leq 0.5$ maka $NQ1 = 0$

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

$$NQ2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan:

NQ2 = jumlah smp yang datang selama fase merah (smp)

GR = rasio hijau

c = waktu siklus

Qmasuk = arus lalu lintas pada tempat masuk luar LTOR (smp/jam)

a. Penyesuaian arus:

$$Q_{peny} = \sum(Q_{masuk} - Q_{keluar} \text{ (smp/jam)}) \dots\dots\dots(2.13)$$

b. jumlah kendaraan antrian:

$$NQ = NQ1 + NQ2 \text{ (smp)} \dots\dots\dots (2.14)$$

c. Panjang antrian:

$$QL = \frac{NQ_{max} \times 20}{W_{masuk}} \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.15)$$

d. Kendaraan terhenti:

Angka henti (NS) masing-masing pendekat:

$$NS = 0,9 \times NQ \times Qxc \times 360 \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots (2.16)$$

e. Jumlah kendaraan terhenti (NSV) masing-masing pendekat :

$$NSV = Q \times NS \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots (2.17)$$

f. Angka henti seluruh simpang :

$$Ns \text{ total} = \sum NSV \text{ } Ottotal \dots\dots\dots (2.18)$$

2.6.1.5 Tundaan

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

Balik dengan gerakan-gerakan lainnya pada simpang berdasarkan MKJI, 1997 sebagai berikut:

$$DT_j = (cxA) \frac{NQ1 \times 3600}{c} \text{ (det/smp)} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dengan:

DT = tundaan lalu lintas rata-rata untuk pendekat j

C = waktu siklus yang disesuaikan (det)

$$A = \frac{0.5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)} \dots\dots\dots (2.20)$$

A = konstanta

1. 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.

$$DG_j (1-PSV) \times (PSV \times 4) \text{ (det/smp)} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dengan:

DGj = tundaan geometri rata-rata untuk pendekat j

Psv= rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat

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

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

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

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

4. Menghitung tundaan tota

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

5. 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 (Qtot) dalam smp/jam.

$$D1 = \sum (QxD) / Qtot \text{ (det/smp)}. \dots\dots\dots(2.22)$$

2.6.2 Jalan Perkotaan

2.6.2.1 Data Masukan

1. Data Umum

Sebelum memulai perhitungan pada ruas jalan perkotaan hal yang harus dilakukan adalah mensurvei data data umum dari jalan yang akan diamati diantara lain adalah:

- a. Penentuan Segmen

Segmen jalan didefinisikan sebagai panjang jalan yang mempunyai karakteristik yang hamper sama. Titik dimana karakteristik jalan berubah secara berarti menjadi batas segmen, setiap segmen dianalisa secara terpisah.

- b. Data Identifikasi Segmen

Data-data yang terdiri dari: tanggal, nama kota, provinsi, ukuran kota, nama jalan, segmen antara, kode segmen, tipe daerah, panjang segmen, tipe jalan, periode waktu Analisa.

2. Kondisi Geometrik

a. Rencana Situasi

Buat sketsa segmen jalan yang diamati dengan mencakup informasi seperti: arah utara, patok kilometer, sketsa alinyemen, arah panah yang menunjukkan jalan ke barat atau timur, Nama tempat yang dilalui, bangunan utama, dan marka jalan

3. Kondisi Lalu lintas

a. Arus dan Komposisi Lalu – Lintas

1) Arus dalam kendaraan/jam

a. Masukkan data LHRT, faktor K (K= 0,09), pemisahan arah SP

b. Hitung arus jam rencana:

$$QDH = K \times LHRT \times SP/100 \dots\dots\dots (2.23)$$

c. Komposisi lalu lintas, untuk nilai normal komposisi lalu-lintas dapat dilihat pada table 2.5 berikut ini.

Tabel 2.5 Nilai normal untuk komposisi lalu-lintas

Ukuran Kota	LV %	HV %	MC %
< 0,1 juta penduduk	45	10	45
0,1 – 0,5 juta penduduk	45	10	45
0,5 – 1,0 juta penduduk	53	9	38
1,0 – 3,0 juta penduduk	60	8	32
> 3,0 juta penduduk	59	7	24

Sumber: MKJI 1997

2) Ekivalensi Mobil Penumpang (emp)

Tabel 2.6 emp Untuk jalan Perkotaan tak terbagi

Tipe jalan :	Arus lalu – lintas	Emp
Jalan tak terbagi	Total dua arah	Mc
	(kend/jam)	Lebar jalur lalu lintas Wc

			≤ 6	≤ 6
Dua-lajur tak terbagi (2/2 UD)	0	1,3	0,5	0,40
	≥ 1800	1,2	0,35	0,25
Empat-lajur tak terbagi (4/2 UD)	0	1,3	0,40	
	≥ 3700	1,2	0,25	

Sumber: MKJI 1997

3) Faktor satuan penumpang

Untuk menentukan faktor satuan penumpang dapat menggunakan rumus berikut atau dapat dilihat pada tabel 2.7 dibawah ini.

$$F_{smp} = Q_{smp} / Q_{kend} \dots\dots\dots(2.24)$$

Tabel 2.7 Kelas Hambatan samping untuk jalan perkotaan

Kelas Hambatan Samping	Kode	Jumlah berbobot kejadian per 200 m per jam (dua sisi)	Kondisi khusus
Sangat rendah	VL	< 100	Daerah permukiman; jalan dengan jalan samping
Rendah	L	100 - 299	Daerah permukiman; beberapa kendaraan umum dsb
Sedang	M	300-499	Daerah industri, beberapa toko di sisi jalan
Tinggi	H	500 – 899	Daerah komersial aktivitas sisi jalan tinggi
Sangat tinggi	VH	> 900	Daerah komersial dengan aktivitas pasar di samping jalan

Sumber: MKJI 1997

2.6.2.2 Analisa Kecepatan Arus Bebas

1. Kecepatan Arus Bebas Dasar

Tentukan kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan dengan menggunakan Tabel 2.8 di bawah ini.

Tabel 2.8 Kecepatan arus bebas dasar (FV₀) untuk jalan perkotaan

Tipe jalan	Kecepatan arus bebas dasar (Fv ₀) (Km/jam)			
	Kendaraan ringan Lv	Kendaraan berat HV	Sepeda motor MC	Semua kendaraan (rata-rata)
Enam lajur terbagi (6/2D) atau tiga lajur satu arah (3/1)	61	52	48	57
Empat lajur terbagi (4/2 D) atau dua lajur satu arah (2/1)	57	50	47	55
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	55	46	43	51
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	44	40	40	42

Sumber: MKJI 1997

2. Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Untuk Lebar Jalur Lalu-Lintas (FV_w)

Tentukan penyesuaian lebar jalur lalu lintas dari tabel di bawah berdasarkan lebar jalur lalu lintas efektif (W_c).

Tabel 2.9 Penyesuaian untuk pengaruh lebar jalur lalu lintas (FV_w) pada c kecepatan arus bebas kendaraan ringan, jalan perkotaan

Tipe jalan	Lebar jalur lalu lintas efektif (W _c) (m)	FV _w (km/jam)	
Empat lajur terbagi atau jalan satu arah	Per lajur		
		3,00	-4
		3,25	-2

		3,50	0
		3,75	2
		4,00	4
Empat lajur tak terbagi	Per lajur		
		3,00	4
		3,25	-2
		3,50	0
		3,75	2
		4,00	4
Dua lajur tak terbagi	total		
		5	-9,5
		6	-3
		7	0
		8	3
		9	4
		10	6
		11	7

Sumber: MKJI 1997

3. Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Untuk Hambatan Samping (FFVSF)

a. Jalan dengan bahu

Tabel 2.10 Faktor penyesuaian hambatan samping dan lebar bahu (FFVSF)

Tipe jalan	Kelas hambatan samping (SFC)	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu			
		Lebar bahu efektif rata-rata W_s (m)			
		<0,5 m	1,0 m	1,5 m	≥ 2 m
Empat lajur terbagi (4/2D)	Sangat rendah	1,02	1,03	1,03	1,04
	Rendah	0,98	1,00	1,02	1,03
	Sedang	0,94	0,97	1,00	1,02

	Tinggi	0,89	0,93	0,96	0,99
	Sangat tinggi	0,84	0,88	0,92	0,96
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	Sangat rendah	1,02	1,03	1,03	1,04
	Rendah	0,98	1,00	1,02	1,03
	Sedang	0,93	0,96	0,99	1,02
	Tinggi	0,87	0,91	0,94	0,99
	Sangat tinggi	0,80	0,86	0,90	0,96
Dua lajur tak terbagi 2/2 UD atau jalan satu arah	Sangat rendah	1,00	1,01	1,01	1,01
	Rendah	0,96	0,98	0,99	1,00
	Sedang	0,90	0,93	0,96	0,99
	Tinggi	0,82	0,86	0,90	0,95
	Sangat tinggi	0,73	0,79	0,85	0,91

Sumber MKJI 1997

b. Jalan dengan kereb

Tabel 2.11 Faktor penyesuaian untuk pengaruh hambatan samping dan jarak Kereb-penghalang pada kecepatan arus bebas kendaraan ringan

Tipe jalan	Kelas hambatan samping (SFC)	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan jarak kereb-penghalang			
		Jarak : kereb-penghalang W_s (m)			
		<0,5 m	1,0 m	1,5 m	≥ 2 m
Empat lajur terbagi (4/2D)	Sangat rendah	1,00	1,01	1,01	1,02
	Rendah	0,97	0,98	0,99	1,00
	Sedang	0,93	0,95	0,97	0,99

	Tinggi	0,87	0,90	0,93	0,96
	Sangat tinggi	0,81	0,85	0,88	0,92
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	Sangat rendah	1,00	1,01	1,01	1,02
	Rendah	0,96	0,98	0,99	1,00
	Sedang	0,91	0,93	0,96	0,98
	Tinggi	0,84	0,87	0,90	0,94
	Sangat tinggi	0,77	0,81	0,85	0,90
Dua lajur tak terbagi 2/2 UD atau jalan satu arah	Sangat rendah	0,98	0,99	0,99	1,00
	Rendah	0,93	0,95	0,96	0,98
	Sedang	0,87	0,89	0,92	0,95
	Tinggi	0,78	0,81	0,84	0,88
	Sangat tinggi	0,68	0,72	0,77	0,82

Sumber: MKJI 1997

4. Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Untuk Ukuran Kota (FFVCS)

Nilai faktor penyesuaian kecepatan arus bebas untuk ukuran kota dapat dilihat pada table 2.11

Tabel 2.12 Faktor penyesuaian untuk pengaruh ukuran kota pada kecepatan arus bebas Kenderaan ringan jalan perkotaan

Ukuran kota (juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
< 0,1	0,90
0,1 – 0,5	0,93

0,5 – 1,0	0,95
1,0 – 3,0	1,00
>3,0	1,03

Sumber: MKJI 1997

5. Penentuan Kecepatan Arus Bebas

a. Kecepatan arus bebas kendaraan ringan

$$FV = (FV_0 + FV_w) \times FFV_{SF} \times FFV_{CS} \dots\dots\dots(2.25)$$

Dengan:

FV = Kecepatan arus bebas kendaraan ringan (km/jam)

FV₀ = Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan (km/jam)

FV_w = Penyesuaian lebar jalur lalu lintas (km/jam)

FFV_{SF} = Faktor penyesuaian hambatan samping

FFV_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota.

2.6.2.3 Analisa Kapasitas

Untuk jalan tak terbagi, analisa dilakukan pada kedua arah lalu lintas, untuk jalan terbagi analisa dilakukan terpisah pada masing-masing arah lalu lintas, seolah-olah masing-masing arah merupakan jalan satu arah yang terpisah.

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS} \dots\dots\dots (2.26)$$

Dengan:

C₀ = Kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w = Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

FC_{SP} = Faktor penyesuaian pemisahan jalan

FC_{SF} = Faktor penyesuaian hambatan samping

FC_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota

1. Kapasitas Dasar

Nilai kapasitas dasar jalan perkotaan dapat dilihat pada table 2.13 di bawah ini: Tabel 2.13 Kapasitas dasar jalan perkotaan

Tipe jalan	Kapasitas dasar (smp/jam)	Catatan
Empat lajur terbagi atau jalan satu arah	1650	Per lajur
Empat lajur tak terbagi	1500	Per lajur
Dua lajur tak terbagi	2900	Total dua arah

Sumbe: MKJI 1997

2. Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Lebar Jalur Lalu Lintas (FCW)

Tabel 2.14 Penyesuaian kapasitas untuk pengaruh lebar jalur lalu lintas untuk jalan Perkotaan (FCW)

Tipe jalan	Lebar jalur lalu lintas efektif (W_c) (m)	FC_w
Empat lajur terbagi atau jalan satu arah	Per lajur	
	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
Empat lajur tak terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,95
	3,50	1,00
	3,75	1,05
Dua lajur tak terbagi	total	
	5	0,56
	6	0,87
	7	1,00

		8	1,14
		9	1,25
		10	1,29

Sumber: MKJI 199

3. Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Pemisah Arah (FC_{SP})

Tabel 2.15 Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Pemisah Arah (FC_{SP})

Pemisah arah SP %- %		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FC_{SP}	Dua lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat jalur 4/2	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94

Sumber: MKJI 1997

4. Faktor penyesuaian kapasitas untuk hambatan samping (FC_{SP})

a. Jalan dengan bahu

Tabel 2.16 Faktor penyesuaian kapasitas untuk pengaruh hambatan samping dan lebar bahu pada jalan perkotaan bahu

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping (FC_{SP})			
		Lebar bahu efektif rata-rata W_s			
		<0,5 m	1,0 m	1,5 m	$\geq 2,0$
Empat lajur terbagi (4/2D)	VL	0,96	0,98	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,88	0,92	0,95	0,98
	VH	0,84	0,88	0,92	0,96
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	VL	0,96	0,99	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,87	0,91	0,94	0,98
	VH	0,80	0,86	0,90	0,95

Dua lajur tak terbagi 2/2 UD atau jalan satu arah	VL	0,94	0,96	0,99	1,01
	L	0,92	0,94	0,97	1,00
	M	0,89	0,92	0,95	0,98
	H	0,82	0,86	0,90	0,95
	VH	0,73	0,79	0,85	0,91

Sumber: MKJI 1997

b. Jalan dengan kereb

Tabel 2.17 Faktor penyesuaian kapasitas untuk pengaruh hambatan samping dan jarak kereb – penghalang jalan perkotaan dengan kereb

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping (FC _{SP})			
		Lebar bahu efektif rata-rata W _s			
		<0,5 m	1,0 m	1,5 m	≥ 2,0
Empat lajur terbagi (4/2D)	VL	0,95	0,97	0,99	1,01
	L	0,94	0,96	0,98	1,00
	M	0,91	0,93	0,95	0,98
	H	0,86	0,89	0,92	0,95
	VH	0,81	0,85	0,88	0,92
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	VL	0,95	0,97	0,99	1,01
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,90	0,92	0,95	0,97
	H	0,84	0,87	0,90	0,93
	VH	0,77	0,81	0,85	0,90
Dua lajur tak terbagi 2/2 UD atau jalan satu arah	VL	0,93	0,95	0,97	0,99
	L	0,90	0,92	0,95	0,97
	M	0,86	0,88	0,91	0,94
	H	0,78	0,81	0,84	0,88
	VH	0,68	0,72	0,77	0,82

Sumber : MKJI 1997

5. Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Ukuran Kota (FCCS)

Tabel 2.18 Faktor penyesuaian ukuran kota pada jalan perkotaan

Ukuran kota (juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
< 0,1	0,86
0,1 – 0,5	0,90
0,5 – 1,0	0,94
1,0 – 3,0	1,00
>3,0	1,04

Sumber : MKJI 1997

2.7 Indikator Tingkat Pelayanan (ITP)

Indikator Tingkat Pelayanan (ITP) pada suatu ruas jalan menunjukkan kondisi secara keseluruhan ruas jalan tersebut. Tingkat pelayanan ditentukan berdasarkan nilai kuantitatif, seperti: kecepatan perjalanan, dan faktor lain yang ditentukan berdasarkan nilai kualitatif, seperti: kebebasan pengemudi dalam memilih kecepatan, derajat hambatan lalu lintas, serta kenyamanan, (Tamin, ofyar Z,2000). Secara umum indeks tingkat pelayanan (ITP) dapat di bedakan sebagai berikut:

a. 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 di tentukan.

b. Indeks Tingkat pelayanan B

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

c. Indeks Tingkat pelayanan C

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

d. 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.

e. 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.

f. 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 table 2.20 dan tabel 2.21 berikut ini:

Tabel 2.19 Indeks tingkat pelayanan (ITP) berdasarkan kecepatan 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 2.20 Indeks tingkat pelayanan (ITP) berdasarkan kecepatan arus bebas dan tingkat kejenuhan lalu lintas

Tingkat pelayanan	% dari kecepatan bebas	Tingkat kejenuhan lalu lintas
A	≥ 90	$\geq 0,35$
B	≥ 70	$\geq 0,54$

C	≥ 50	$\geq 0,77$
D	≥ 40	$\geq 0,93$
E	≥ 33	$\geq 1,0$
F	< 33	< 1

Sumber: Tamin 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 1991).