

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Seiring dengan perkembangan zaman yang semakin maju, menjadikan kebutuhan manusia semakin bertambah. Dengan bertambahnya kebutuhan manusia tidak dapat diimbangi dengan sarana dan prasarana jalan cenderung akan mengakibatkan masalah dalam bidang lalu lintas. Sedangkan kebutuhan dan alat pemenuhan kebutuhannya terkadang berada pada tempat yang berbeda sehingga dibutuhkan pergerakan agar kebutuhannya dapat terpenuhi. Pergerakan ini juga dibatasi oleh ruang dan waktu, sehingga dibutuhkan sarana dan prasarana untuk mengurangi keterbatasan tersebut. Pergerakan yang dimaksud tersebut bisa juga disebut sebagai transportasi.

Transportasi merupakan alat pemindahan manusia atau barang dari satu tempat ke tempat lain, dengan menggunakan sarana yang digerakkan oleh manusia atau mesin. Transportasi digunakan untuk memudahkan manusia dalam beraktifitas dalam kehidupan sehari-hari. Masalah transportasi adalah masalah yang sering terjadi di kota Indonesia. Namun masalah yang sering di hadapi, salah satunya terjadinya kemacetan.

Kemacetan sering terjadi di areal persimpangan disebabkan tundaan lama dan antrian yang panjang. Persimpangan adalah bagian yang tidak terpisahkan dari semua sistem jalan. Kemacetan sering terjadi kota besar termasuk kota Pekanbaru. Kota Pekanbaru merupakan salah satu sentra ekonomi terbesar di Pulau Sumatera, dan termasuk sebagai kota dengan tingkat pertumbuhan, migrasi, dan urbanisasi yang tinggi.

Perubahan dalam hal pertumbuhan kepadatan penduduk yang ada di Kota Pekanbaru khususnya di Kecamatan Bukit Raya begitu cepat, tentunya berpengaruh pada permasalahan yang semakin kompleks, khususnya peningkatan arus lalu lintas yang tidak seimbang dengan ketersediaan kapasitas jalan yang

tergolong kecil. Permasalahan ini akan timbul ketika penambahan penduduk tidak diikuti dengan suplay sarana dan prasarana transportasi yang memadai.

Kecamatan Bukit Raya terdiri dari beberapan kelurahan, untuk menghubungkan kelurahan satu dengan yang lainnya dibatasi oleh jalan dan persimpangan. Salah satunya simpang yang ada di Bukit Raya adalah simpang Jalan Kaharuddin Nasution, Jalan Raya Pasir Putih dan Jalan Gang Kartama

Simpang Jalan Kaharuddin Nasution, Jalan Raya Pasir Putih dan Jalan Gang Kartama adalah simpang empat lengan yang di lengkapi oleh sinyal lampu lalu lintas. Dimana pada jam-jam tertentu contohnya pagi hari, siang hari dan sore hari masalah lalu lintas sering terjadi. Untuk memecahkan konflik yang terjadi di persimpangan telah dilakukan berbagai upaya, seperti memasang rambu-rambu lalu lintas. Namun pada kondisi arus lalu lintas mengalami peningkatkan, upaya tersebut tidak lagi dapat dipertahankan.

Berdasarkan permasalahan diatas peneliti ingin meneliti Simpang Jalan Kaharuddin Nasution, Jalan Raya Pasir Putih dan Jalan Gang Kartama yang ada di Kecamatan Bukit Raya. Agar masalah yang ada bisa teratasi dan alternatif apa yang bisa dipakai pada persimpangan itu. Supaya kedepannya dalam perencanaan simpang bersinyal lebih efektif lagi.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas peneliti ingin melakukan peninjauan tingkan kinerja simpang di lokasi studi, sehingga dapat menghasilkan kinerja simpang yang optimal, yang pada akhirnya dapat dipakai untuk mengurangi kemacetan. Maka, permasalahan yang akan ditinjau dalam penelitian tugas akhir ini antara lain :

1. Bagaimana kinerja simpang bersinyal di Simpang Jalan Kaharuddin Nasution, Jalan Raya Pasir Putih dan Jalan Gang Kartama pada kondisi ekstiming ?
2. Alternatif apa yang bisa dipakai untuk menyelesaikan permasalahan pada simpang tersebut ?

### **1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Adapun tujuan dan manfaat yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengevaluasi kinerja simpang bersinyal pada simpang Jalan Kaharuddin Nasution, Jalan Raya Pasir Putih dan Jalan Gang Kartama pada kondisi *eksting*.
2. Menentukan solusi perbaikan yang tepat supaya kinerja simpang bersinyal dapat berkerja secara optimal.
3. Mendapatkan Permasalahan yang terjadi pada simpang Jalan Kaharuddin Nasution, Jalan Raya Pasir Putih dan Jalan Gang Kartama dan mendapatkan cara untuk penyelesaian permasalahan yang terjadi pada simpang tersebut.
4. Mengetahui Volume arus lalu lintas, kapasitas dan waktu siklus pada simpang Jalan Kaharuddin Nasution, Jalan Raya Pasir Putih dan Jalan Gang Kartama.
5. Mendapatkan gambaran agar dalam merencanakan suatu simpang khususnya simpang bersinyal harus sesuai volume dengan kapasitas agar tidak terjadi kemacetan.
6. Menganalisis tentang penyelesaian simpang empat lengan pada simpang bersinyal, dengan menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997), Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2014) dan Webster.

### **1.4 Batasan Masalah**

Evaluasi yang dilakukan pada simpang bersinyal mempunyai ruang lingkup yang cukup luas, maka penulis akan membatasi lingkup studinya sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian dilakukan di simpang Jalan Kaharuddin Nasution, Jalan Raya Pasir Putih dan Jalan Gang Kartama.

2. Analisis data volume lalu lintas dilakukan dua hari pada jam puncak saat pagi hari (08:00–10:00 WIB), siang hari (12:00–14:00 WIB) dan sore hari (16:00–18:00 WIB),
3. Metode yang digunakan dalam mengolah data adalah dengan menggunakan metode MKJI 1997, PKJI 2014 dan Webster.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan Bina Marga (1997) sebagian besar fasilitas, kapasitas dan perilaku lalu lintas adalah fungsi dari keadaan geometri lalu lintas. Dengan menggunakan sinyal, seorang perancang atau insinyur dapat mendistribusikan kapasitas kepada berbagai pendekat melalui pengalokasian lampu hijau pada masing-masing pendekat. Maka dari itu untuk menghitung kapasitas dan perilaku lalu lintas, pertama perlu ditentukan fase dan waktu sinyal yang paling sesuai untuk kondisi yang ditinjau. Penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna (hijau, kuning, merah) diterapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu.

Dalam penelitian yang dilakukan untuk tugas akhir ini. Peneliti telah meninjau dari berbagai aspek dan meninjau dari penelitian sebelumnya, tetapi disini terdapat perbedaan antara penelitian satu dengan yang lainnya.

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Mengenai penelitian tentang simpang bersinyal sudah pernah dilakukan oleh penelitian terdahulu. Dalam penelitian ini penulis hanya mencantumkan lima penelitian terdahulu, yaitu :

1. Hadjoh, (2012), Hasil penelitian ini diketahui bahwa tundaan yang terjadi di simpang Empat Bersinyal Ringroad Utara – Affandi – Angga Jaya, Sleman, Yogyakarta untuk masing masing pendekat utara, timur, selatan, dan barat diperoleh nilai panjang antrian rata-rata 41,59 meter dan tundaan simpang rata-rata 57,064 stop/smp termasuk kategori E. Berdasarkan data diatas solusi perbaikan yang paling cocok adalah desain geometri jalan disertai desain waktu hijau yang menghasilkan panjang antrian rata-rata 32,27 meter dan tundaan rata-rata simpang 49,51 melakukan penelitian Evaluasi Kinerja Simpang Empat Bersinyal *Ringroad* Utara – Affandi – Angga Jaya, Sleman, Yogyakarta menggunakan metode MKJI 1997. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kinerja dari Simpang empat

bersinyal Ringroad Utara – Affandi – Angga Jaya, Sleman, Yogyakarta dan memberikan solusi berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh.

2. Tamam, (2016), melakukan penelitian Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus : Jalan Tegar Beriman – Jalan Raya Bogor). Tujuan penelitian ini adalah menganalisa kinerja waktu siklus pada simpang Jalan Tegar Beriman – Jalan Raya Bogor, menganalisa optimalisasi kinerja lalu lintas agar dapat memenuhi syarat pada simpang tersebut, dan menganalisa hasil survei aplikasi Waze dibandingkan dengan hasil survei langsung di lapangan.

Hasil penelitian ini dengan metode MKJI 1997 diketahui bahwa kapasitas Simpang Jl. Tegar Beriman – Jl. Raya Bogor, Kabupaten Bogor pada pendekatan Utara Derajat Kejenuhan (DS) = 0,935 , pendekatan Barat Derajat Kejenuhan (DS) = 0,935, pendekatan Selatan Derajat Kejenuhan (DS) =0,935. Dari hasil perhitungan diketahui bahwa kapasitas simpang menampung arus lalu lintas, dengan nilai Derajat Kejenuhan (DS) = 0,935 ini menunjukkan bahwa simpang Jl. Tegar Beriman – Jl. Raya Bogor mendekati lewat jenuh, yang akan menyebabkan antrian panjang pada kondisi lalu lintas puncak. Tundaan simpang rata-rata di simpang Jl. Tegar Beriman – Jl. Raya Bogor diperoleh 64 det/smp yang berarti bahwa simpang Jl. Tegar Beriman – Jl. Raya Bogor, Kabupaten Bogor termasuk dalam Tingkat Pelayanan F, menunjukkan tingkat pelayanan buruk pada kondisi lalu lintas puncak.

3. Cahyono, (2013), melakukan penelitian tentang analisis simpang bersinyal dengan metode MKJI 1997 studi kasus simpang stadion jombang. Simpang tersebut adalah simpang bersinyal yang berada pada jalan utama kota Jombang, oleh karena itu lalu lintas yang lewat pada simpang tersebut tinggi terutama pada jam puncak. Dalam menganalisis simpang bersinyal stadion jombang ini menggunakan metode MKJI 1997.

Analisis yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa kinerja pada simpang Stadion Jombang dengan kondisi 2 fase sinyal masih relatif stabil (DS < 0,75), dengan kapasitas pada masing–masing lengan adalah lengan utara : 338,47 smp/jam, lengan selatan sebesar 488,12 smp/jam, lengan timur :

1214,05 smp/jam, dan lengan barat : 1254,37 smp/jam. Sedangkan perilaku lalu lintas pada simpang dalam penelitian ini dengan nilai panjang antrian pada masing-masing lengan yaitu: lengan utara 13,33 m, lengan selatan sebesar 40 m, lengan timur 33,33 m, dan lengan barat 45 m. Serta nilai tundaan rata-rata yaitu sebesar 11,95 detik/smp.

4. Mochammad Rizky Kurniawan, Wildany Arif Ardian , melakukan penelitian tentang analisis simpang bersinyal dengan metode MKJI 1997 studi kasus Simpang Jalan Raya Jemursari – Jemur Andayani . Pada kondisi eksisting tahun 2017 persimpangan Jalan Raya Jemursari – Jalan Jemur Andayani memiliki yaitu LOS E dengan tundaan rata-rata simpang sebesar 50,02 det/smp pada puncak jam pagi hari kerja, LOS D dengan tundaan rata-rata simpang sebesar 38,05 det/smp pada puncak jam siang hari kerja dan LOS F dengan tundaan rata-rata sebesar 69,26 det/smp pada puncak jam sore hari kerja. Selanjutnya melakukan alternative perbaikan persimpangan yaitu dengan mengubah geometrik dan pengaturan fase dan didapatkan tingkat pelayanan D dengan tundaan rata-rata simpang sebesar 27,42 det/smp pada puncak pagi. Dengan menggunakan alternatif tersebut, persimpangan dianalisis dengan menggunakan volume lalu lintas untuk 5 tahun ke depan dan didapatkan LOS D untuk tahun 2018-2022.
5. Muhammad Agung Setia Darma, 2018, Penelitian dilakukan di simpang Damri pada Jalan Soekarno-Hatta – Jalan, Hasil penelitian didapat pada simpang Damri bahwa pada pendekat utara, selatan dan barat, memiliki nilai derajat kejenuhan ( $D_s > 0,75$ ) masing-masing sebesar 1.90, 1.23, 0.82, sedangkan pendekat timur 0.65. Panjang antrian tertinggi pada simpang sebesar 824,68m. besar nilai angka henti seluruh simpang adalah 5,82 stop/smp. Tundaan rata-rata simpang yang dihasilkan adalah 314,38 det/smp. Untuk meningkatkan kinerja simpang Damri dilakukan alternatif perbaikan dengan melakukan Pelarangan Belok Kanan, Pelebaran Geometrik, Perubahan Fase dan kombinasi antara Pelarangan Belok Kanan dan Pelebaran Geometrik serta Kombinasi Pelebaran dan Perubahan Fase. Dari alternatif tersebut solusi perbaikan yang paling efektif yaitu Kombinasi Pelebaran dan Perubahan Fase, Kombinasi Pelarangan Belok

Kanan dan Pelebaran Geometrik Serta Pelarangan Belok Kanan. H.Komarudin – Jalan Kapten Abdul Haq, Kecamatan Rajabasa, Bandar Lampung. Tujuannya yaitu untuk menganalisa kinerja simpang Damri dalam kondisi eksisting serta memberikan solusi alternatif agar kinerja simpang tersebut lebih optimal.

## **2.2 Keaslian Penelitian**

Dari segi keaslian penelitian tentang sejenis evaluasi simpang bersinyal sebelumnya yang dijadikan perbandingan pada penelitian ini antara lain :

1. Lokasi penelitian ini dilakukan di simpang empat lengan bersinyal yang berada di Pekanbaru, Kecamatan Bukit Raya simpang Jalan Kaharuddin Nasution, Jalan Raya Pasir Putih dan Jalan Gang Kartama.
2. Penelitian sejenis simpang bersinyal belum pernah dilakukan di lokasi ini.
3. Metode penelitian sebelumnya dalam mengolah data menggunakan bermacam metode. Tapi, dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997) dan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014) dan Webster.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Pengertian Simpang**

Menurut Departemen Pendidikan dan Kebudayaan dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (1995), simpang adalah lokasi berbelok atau bercabang dari yang lurus. Persimpangan adalah simpul dalam jaringan transportasi yang memiliki dua atau lebih ruas jalan bertemu, disini arus lalu lintas mengalami konflik. Untuk mengelola konflik ini ditetapkan aturan lalu lintas.

Persimpangan jalan adalah simpul pada jaringan jalan dimana ruas jalan bertemu dan lintasan arus kendaraan berpotongan. Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan menggunakan ruang jalan pada persimpangan secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya.

Persimpangan merupakan sumber permasalahan arus lalu lintas yang rawan terjadinya kemacetan dan kecelakaan karena terjadi konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya ataupun antara kendaraan dengan pejalan kaki. Oleh karena itu persimpangan merupakan aspek penting untuk pengendalian lalu lintas. Masalah yang timbul dan berkaitan terjadi pada persimpangan adalah :

1. Volume dan kapasitas
2. Desain geometrik dan kebebasan pandang
3. Kecelakaan dan keselamatan jalan, kecepatan, lampu jalan
4. Parkir, akses dan pembangunan umum
5. Pejalan kaki
6. Jarak antar simpang

#### **3.2 Jenis-Jenis Persimpangan**

Secara garis besarnya persimpangan terbagi dalam 2 bagian :

1. Persimpangan sebidang.

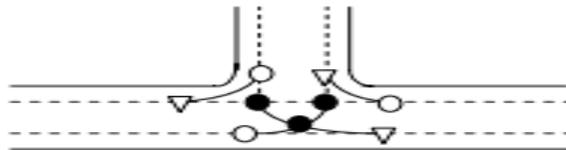
Persimpangan sebidang adalah persimpangan dimana berbagai jalan atau ujung jalan masuk persimpangan mengarahkan lalu lintas masuk kejalan yang dapat ber lawanan dengan lalu lintas lainnya. Pada persimpangan sebidang menurut jenis fasilitas pengatur lalu lintasnya dipisahkan menjadi 2 (dua) bagian :

- a. Simpang bersinyal (*signalised intersection*) adalah persimpangan jalan yang memiliki pergerakan atau arus lalu lintas dari setiap pendekatnya diatur oleh lampu sinyal lalu lintas untuk melewati persimpangan secara bergantian.
  - b. Simpang tak bersinyal (*unsignalised intersection*) adalah pertemuan jalan yang tidak menggunakan sinyal pada pengaturan arus lalu lintasnya.
2. Persimpangan tak sebidang

Persimpangan tak sebidang, sebaiknya misahkan arus lalu lintas pada jalur yang berbeda, sehingga persimpangan hanya terjadi pada tempat dimana kendaraan-kendaraan memisah dari atau bergabung menjadi satu lajur gerak yang sama (contoh jalan layang), karena kebutuhan untuk menyediakan gerakan membelok tanpa berpotongan, maka dibutuhkan tikungan yang besar dan sulit serta biayanya yang mahal.

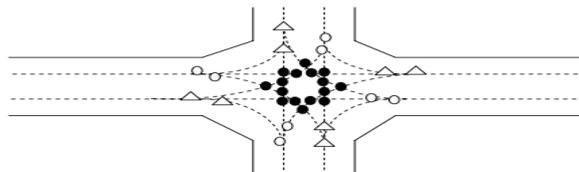
Pertemuan jalan yang tak sebidang membutuhkan cakupan wilayah cukup luas serta penempatan dan tata letaknya sangat dipengaruhi oleh manajemen simpang dapat berupa manajemen simpang sebidang maupun manajemen simpang tak sebidang. Menurut bentuknya simpang sebidang dapat dibedakan sebagai berikut :

- a. Pertemuan jalan bercabang tiga (simpang tiga)



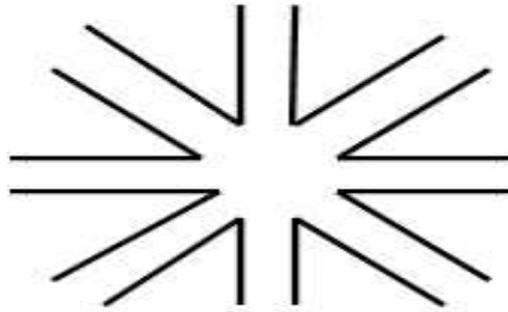
Gambar.3.1 Simpang 3 lengan

- b. Pertemuan jalan bercabang empat (simpang empat)



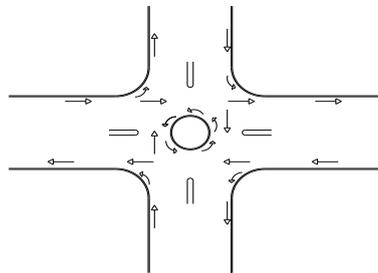
Gambar.3.2 Simpang 4 lengan

- c. Pertemuan jalan bercabang banyak (lebih dari empat)



Gambar. 3.3 Simpang 8 lengan

- d. Bundaran (*rotary intersection*)



Gambar. 3.4 Bundaran

### 3.3 Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal yang dimaksud adalah simpang yang menggunakan lampu lalu lintas. Oglesby (1999:391) mengemukakan bahwa lampu lalu lintas didefinisikan sebagai semua peralatan pengatur lalu lintas yang menggunakan tenaga listrik kecuali lampu kedip (*flacher*), rambu, dan marka jalan untuk mengarahkan dan memperingatkan pengemudi kendaraan bermotor, pengendara sepeda atau pejalan kaki.

Lampu lalu lintas harus dipasang pada simpang pada saat arus lalu lintas sudah meninggi. Ukuran peningginya arus lalu lintas yaitu dari waktu tunggu rata-rata kendaraan pada saat melintasi simpang. Oleh karena itu, Munawar (2004:43) mengemukakan bahwa jika waktu tunggu rata-rata tanpa lalu lintas sudah lebih besar dari waktu tunggu rata-rata dengan lampu lalu lintas, maka perlu dipasang lampu lalu lintas.

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997), penggunaan sinyal lampu 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.

### 3.4 Karakteristik Lalu Lintas

#### 1. Arus Lalu Lintas Jalan

Menurut Direktorat Jenderal Bina marga(1997), arus lalu lintas adalah jumlah banyaknya kendaraan bermotor yang melintasi titik tertentu persatuan waktu, dinyatakan dalam kendaraan perjam atau smp/jam.

#### 2. Satuan Mobil Penumpang

Setiap kendaraan mempunyai karakteristik yang berbeda karena memiliki dimensi, kecepatan, dan percepatan yang berbeda. Untuk analisis satuan yang digunakan dalam metode MKJI adalah Satuan Mobil Penumpang (Smp/Jam). Sedangkan dalam metode PKJI digunakan adalah Satuan Kendaraan Ringan (Skr/Jam). Jenis-jenis kendaraan harus dikonverensikan dengan cara mengalikanya dengan ekivalen mobil penumpang (Smp) maupun ekivalen kendaran ringan (Skr).

Tabel 3.1. Ekivalen Mobil Penumpang (emp).

| Jenis Kendaraan         | Nilai Emp |
|-------------------------|-----------|
| Kendaraan ringan (LV)   | 1,0       |
| Kendaraan berat (HV)    | 1,3       |
| Kendaraan bermotor (MC) | 0,5       |

Sumber : MKJI 1997

Tabel 3.2 Ekvivalen Kendaraan Ringan (ekr)

| Jenis Kendaraan        | Ekr                                  |                                   |
|------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
|                        | $Q_{TOTAL} \geq 1000$<br>(Skr / jam) | $Q_{TOTAL} < 1000$<br>(Skr / jam) |
| Kendaraan Ringan ( KR) | 1,0                                  | 1,0                               |
| Kendaraan Sedang (KS)  | 1,8                                  | 1,3                               |
| Sepeda Motor (SM)      | 0,2                                  | 0,5                               |

Sumber : PKJI 2014

### 3.5 Lampu Lalu Lintas

Lampu lalu lintas adalah peralatan yang dioperasikan secara mekanis, atau elektrik untuk memberhentikan kendaraan-kendaraan yang melintas. Peralatan ini terdiri dari sebuah tiang, kepala lampu dengan tiga lampunya berwarna beda (merah, kuning, hijau).

Tujuan dari pemasangan lampu lalu lintas MKJI (1997) dan PKJI (2014) adalah :

1. Menghindari kemacetan pada simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas yang berlawanan, sehingga kapasitas persimpangan dapat dipertahankan selama kondisi arus puncak.
2. Menurunkan terjadinya kecelakaan
3. Memberi ruang untuk menyebrang jalan utama bagi kendaraan dan/ atau pejalan kaki dari jalan minor.

Lampu lalu lintas dipasang pada suatu persimpangan berdasarkan alasan spesifik ( C. Jotin Khisty and B. Ken Lall, 2003 ) :

1. Untuk meningkatkan keamanan sistem lalu lintas.
2. Untuk mengurangi waktu tempuh rata-rata disebuah persimpangan, sehingga meningkatkan kapasitas.
3. Untuk menyeimbangkan kualitas pelayanan di semua lengan jalan. Pengaturan simpang dengan sinyal lalu lintas memiliki nilai efisiensi, terutama untuk volume lalu lintas pada kaki simpang yang relative tinggi. Pengaturan ini mengurangi atau menghilangkan titik konflik pada simpang dengan memisahkan pergerakan arus lalu lintas pada waktu yang berbeda.

Beberapa istilah yang digunakan dalam operasional lampu persimpangan bersinyal adalah :

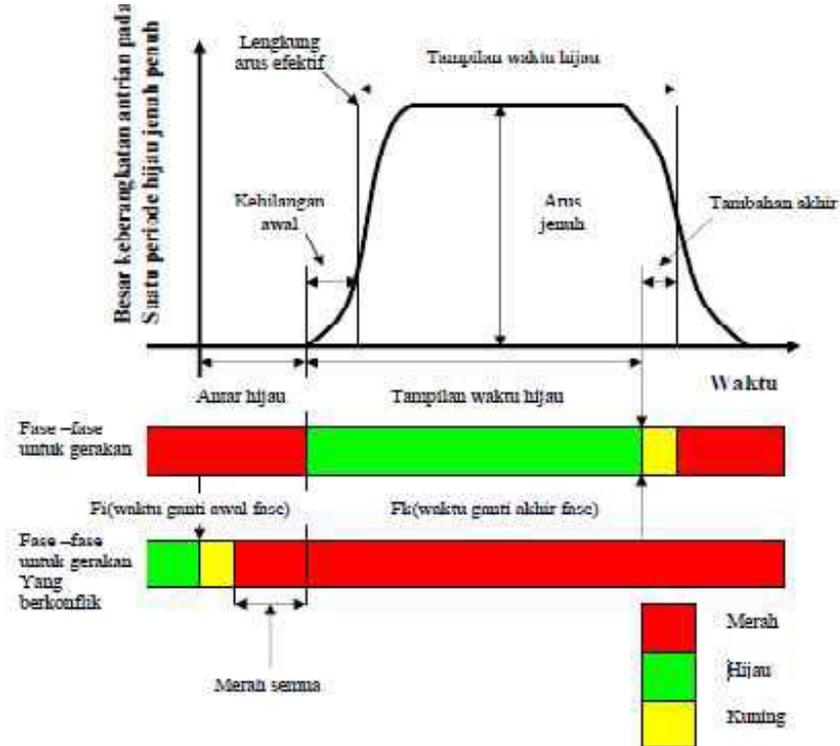
1. Siklus, urutan lengkap suatu lampu lalu lintas
2. Fase (*phase*), adalah bagian suatu siklus yang digunakan untuk kombinasi pergerakan secara bersamaan.
3. Waktu Hijau Efektif, adalah periode waktu hijau yang dimanfaatkan pergerakan pada fase yang bersangkutan.
4. Waktu Antar Hijau, waktu lampu hijau untuk satu fase dengan awal lampu hijau untuk fase lainnya.
5. Rasio Hijau, perbandingan antara waktu hijau efektif dan panjang siklus.
6. Merah Efektif, waktu pergerakan atau sekelompok pergerakan secara efektif tidak diijinkan bergerak, dihitung sebagai panjang siklus dikurangi waktu hijau efektif.
7. *Lost Time*, waktu hilang dalam suatu fase karena keterlambatan start kendaraan dan berakhirnya tingkat pelepasan kendaraan yang terjadi selama waktu kuning.

### **3.6 Waktu Hijau Efektif**

Waktu hijau efektif dihitung berdasarkan:

1. Pada waktu lampu kuning (sesudah lampu hijau) maka kendaraan masih akan terus menyebrang jalan.
2. Walaupun demikian pada saat lampu kuning, kendaraan yang melintas tidak sebanyak saat lampu hijau, karena sebagian pengemudi sudah ragu-ragu untuk jalan terus atau berhenti.
3. Pada awal lampu hijau, pengemudi perlu waktu guna bereaksi untuk mulai melintasi jalan. Oleh karena itu waktu hijau yang ada perlu dikoreksi. Besar waktu hijau efektif adalah:

Waktu Hijau Efektif= waktu hijau+tambahan akhir-kehilangan



Gambar. 3.5 Model Dasar untuk Arus Jenuh (Akceklík 1989)

Sumber:MKJI, 1997

### 3.7 Analisis Menggunakan Metode MKJI 1997

#### 3.7.1. Kapasitas Dasar Simpang (C<sub>o</sub>)

Kapasitas dasar merupakan kapasitas pesimpangan jalan total untuk suatu kondisi tertentu yang telah ditentukan sebelumnya (kondisi dasar). Kapasitas dasar (smp/jam) ditentukan oleh tipe simpang. Untuk dapat menentukan besarnya kapasitas dasar dapat dilihat pada tabel, sebagai berikut:

Tabel 3.2 Kapasitas Dasar Simpang (C<sub>o</sub>)

| No | Tipe Simpang | Jumlah Lengan | Jumlah Lajur Jalan Minor | Jumlah Lajur Jalan Utama | Kapasitas Dasar (C <sub>o</sub> ) |
|----|--------------|---------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 1  | 322          | 3             | 2                        | 2                        | 2700                              |
| 2  | 324          | 3             | 2                        | 4                        | 2900                              |

| No | Tipe Simpang | Jumlah Lengan | Jumlah Lajur Jalan Minor | Jumlah Lajur Jalan Utama | Kapasitas Dasar (Co) |
|----|--------------|---------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| 3  | 342          | 3             | 4                        | 2                        | 3200                 |
| 4  | 422          | 4             | 2                        | 2                        | 2900                 |
| 5  | 424          | 4             | 2                        | 4                        | 3400                 |

sumber : MKJI 1997

### 3.7.2. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)

Faktor ini hanya dipengaruhi oleh variabel besar kecilnya jumlah penduduk dalam juta, seperti tercantum dalam Tabel berikut:

Tabel 3.3 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)

| Ukuran Kota  | Penduduk (Juta) | Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs) |
|--------------|-----------------|--------------------------------------|
| Sangat Besar | >3,0            | 1,05                                 |
| Besar        | 1,0 - 3,0       | 1,00                                 |
| Sedang       | 0,5 – 1,0       | 0,94                                 |
| Kecil        | 0,1 – 0,5       | 0,83                                 |
| Sangat Kecil | <0,1            | 0,82                                 |

Sumber: Simpang bersinyal MKJI, 1997

### 3.7.3. Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping Dan Kendaraan Tak Bermotor (Frsu).

Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (Frsu), dihitung menggunakan Tabel 3.6 dengan variabel masukan adalah tipe lingkungan jalan (RE), kelas hambatan samping (SF) dan rasio kendaraan tak bermotor UM/MV berikut :

Tabel 3.4 Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan (Frsu)

| Lingkungan Jalan    | Hambatan Samping      | Rasio Kendaraan Tidak 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   |
| Perumahan (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 | 0,73   |
|                     | Rendah                | 0,98                               | 0,96 | 0,94 | 0,91 | 0,88 | 0,74   |
| Akses Terbatas (RA) | Tinggi/Sedang /Rendah | 1,00                               | 0,98 | 0,95 | 0,93 | 0,90 | 0,88   |

Sumber: Simpang bersinyal MKJI, 1997

### 3.7.4. Faktor Penyesuaian Belok Kiri (Flt)

FLT ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan berbelok kiri. Perlu diperhatikan bahwa penggunaan factor ini hanya untuk pendekat tipe P, tanpa median, jalan dua arah dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk

Faktor penyesuaian belok kiri (Flt) dihitung dengan rumus:

$$Flt = 1,0 - PLT \times 0,16 \dots \dots \dots (1)$$

Ket :Plt= Rasio Arus belok kiri pada Pendekat

### 3.7.5. Faktor Penyesuaian Belok Kanan (Frt)

FRT ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan berbelok kanan. Perlu diperhatikan bahwa penggunaan factor ini hanya untuk pendekat tipe P, tanpa median, jalan dua arah dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

Faktor penyesuaian belok kiri (Flt) dihitung dengan rumus:

$$FRT = 1,0 + Prt \times 0,26 \dots \dots \dots (2)$$

### 3.7.6 Rasio Arus

Rasio Arus (FR) masing-masing pendekat di hitung menggunakan rumus:

$$FR = Q / S \dots \dots \dots (3)$$

Nilai arus jenuh yang disesuaikan dihitung sebagai :

$$S = S_o \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_g \times F_p \times F_{rt} \times F_{lt} \text{ smp/jam hijau} \dots\dots\dots(4)$$

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

**3.7.6. Waktu siklus**

Menghitung waktu siklus sebelum penyesuaian dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

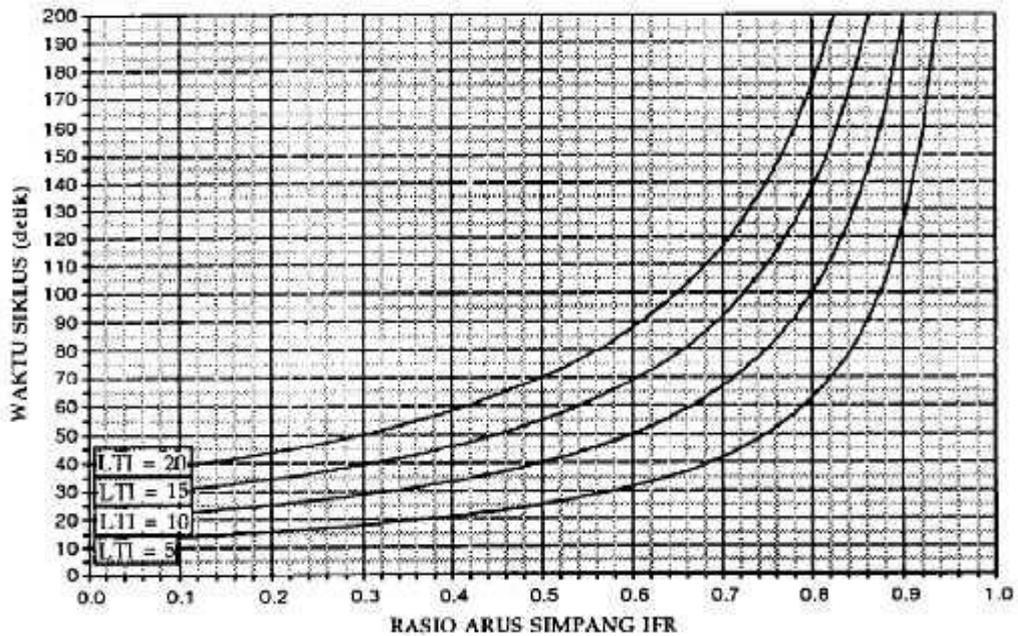
$$Cua = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

Cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

IFR = Rasio arus simpang (FRCRIT)



Gambar 3.6 Grafik Menentukan Waktu Siklus

Mengitung Waktu siklus yang disesuaikan dapat menggunakan persamaan

$$c = \Sigma g + LTI \dots\dots\dots(6)$$

Tabel.3.5 Waktu Siklus Yang Disarankan Untuk Keadaan Yang Berdeda

| Tipe pengaturan       | Waktu siklus yang layak (det) |
|-----------------------|-------------------------------|
| Pengaturan dua-fase   | 40-80                         |
| Pengaturan tiga-fase  | 50-100                        |
| Pengaturan empat-fase | 80-130                        |

Sumber: MKJI 1997

### 3.7.7 Waktu Hijau

Menghitung waktu hijau untuk masing-masing dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$g_i = (Cua - LTI) \times PR_i \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

- $g_i$  = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)
- Cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)
- LTI = Waktu hilang total per siklus
- PR<sub>i</sub> = Rasio fase FRCRIT /  $\Sigma$  (FRCRIT)

### 3.7.8 Kapasitas

$$C = S \times g / c \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

- C = kapasitas (smp/jam)
- S = arus jenuh (smp/jam)
- g = waktu hijau (det)
- c = waktu siklus yang ditentukan (det)

### 3.7.9 Derajat Kejenuhan

$$DS = Q / C \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :

- DS = derajat kejenuhan
- Q = arus lalu lintas (smp/jam)
- C = kapasitas (smp/jam)

### 3.7.10 Panjang Antrian

Menggunakan hasil perhitungan derajat kejenuhan untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya.

Untuk  $DS > 0,5$ :

$$NQ1 = 0,25 \times C \times [(DS-1) + \sqrt{(DS-1)^2 + 8 \times (DS-0,5)/C}] \dots\dots\dots (10)$$

dimana :

NQ1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = Derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau

C = Kapasitas (smp/jam) = arus jenuh dikalikan rasio hijau (SxGR)

Untuk  $DS < 0,5$  :  $NQ1 = 0$

Menghitung jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ2)

Menghitung jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ2).

$$NQ2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan:

NQ2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = Derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau

C = Waktu siklus (det)

Qmasuk = Arus lalu-lintas pada tempat masuk di luarLTOR (smp/jam)

Menghitung Jumlah kendaraan antri dan masukkan

$$NQ = NQ1 + NQ2 \dots\dots\dots (12)$$

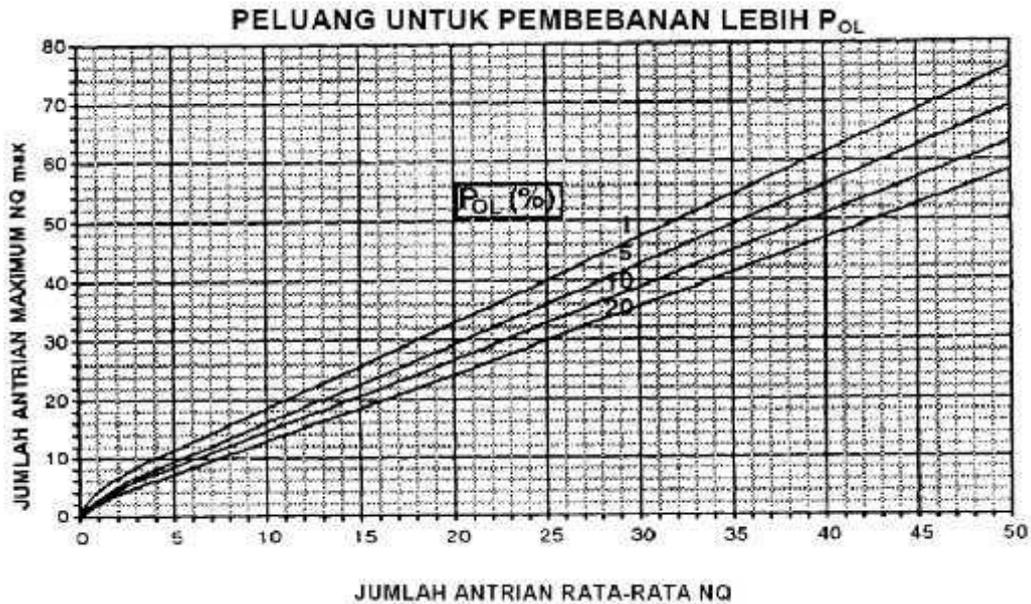
Menghitung panjang antrian dengan rumus :

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{Masuk}} \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan :

QL = Panjang Antrian (m)

NQmax = Jumlah antrian yang disesuaikan



Gambar 3.7 Grafik Perhitungan Jumlah Antrian (NQ<sub>MAX</sub>)

### 3.7.11 Kendaraan Terhenti

Menghitung angka henti (NS) masing-masing pendekat yang didefinisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian) dengan rumus dibawah. NS adalah fungsi dari NQ dibagi dengan waktu siklus.

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \dots \dots \dots (14)$$

Keterangan :

C = Siklus Sinyal

Q = Arus Lalu Lintas

NQ = Panjang Antrian

Mengitung kendaraan terhenti (Nsv) masing-masing pendekat :

$$Nsv = Q \times NS \dots \dots \dots (15)$$

### 3.7.12 Tundaan

Menghitung tundaan lalu intas rata-rata setiap pendekat (DT) :

$$DT = c \times A + \frac{NQ \times 360}{c} \dots \dots \dots (16)$$

Dimana :

DT = Tundaan Lalu-Lintas Rata-Rata (Det/Smp)

- C = Waktu Siklus Yang Di Sesuaikan (Det)
- $A = \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)}$
- GR = Rasio Hijau (G/C)
- DS = Derajat Kejenuhan
- NQ1 = Jumlah Smp Yang Tersisa Dari Fase Hijau Sebelumnya
- C = Kapasitas (Smp/Jam)

Menentukan tundaan geometri rata-rata masing-masing pendekat (DG) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan/atau ketika dihentikan oleh lampu merah.

$$DG_j = (1 - PSV) \times PT \times 6 + (PSV \times 4) \dots\dots\dots (17)$$

Keterangan:

DG<sub>j</sub> = Tundaan geometri rata-rata untuk pendekat (det/smp)

PSV = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat = min (NS,1)

PT = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat

Kemudian menghitung tundaan rata-rata simpang (DI):

$$x = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{TOT}} \dots\dots\dots (18)$$

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

### 3.8 Analisa Menggunakan Metode PKJI 2014

#### 3.8.1. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fuk)

Faktor ini hanya dipengaruhi oleh variabel besar kecilnya jumlah penduduk dalam juta, seperti tercantum dalam Tabel berikut:

Tabel 3.3 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)

| Ukuran Kota  | Penduduk (Juta) | Faktor Penyusuaian Ukuran Kota (Fuk) |
|--------------|-----------------|--------------------------------------|
| Sangat Besar | >3,0            | 1,05                                 |
| Besar        | 1,0 - 3,0       | 1,00                                 |
| Sedang       | 0,5 – 1,0       | 0,94                                 |
| Kecil        | 0,1 – 0,5       | 0,83                                 |
| Sangat Kecil | <0,1            | 0,82                                 |

Sumber: Simpang bersinyal MKJI, 1997

**3.8.2. Faktor Penyesuaian Akibat Kendaraan Parkir (F<sub>p</sub>)**

F<sub>p</sub> sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai ke kendaraan yang diparkir pertama pada lajur pendekat. Faktor ini berlaku juga untuk kasus-kasus dengan panjang lajur belok kiri terbatas. Faktor ini tidak perlu diaplikasikan jika lebar efektif ditentukan oleh lebar keluar.

Faktor penyesuaian akibat kendaraan parkir dihitung dengan rumus :

$$F_p = \frac{\frac{L_p(L-2) \times \frac{L_p}{3} g}{L}}{H} \dots\dots\dots (19)$$

keterangan:

LP = jarak antara garis henti ke kendaraan yang parkir pertama pada lajur belok kiri atau panjang dari lajur belok kiri yang pendek, m

L = lebar pendekat, m

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

**3.8.3. Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F<sub>BKa</sub>)**

F<sub>BKa</sub> ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan berbelok kiri. Perlu diperhatikan bahwa penggunaan factor ini hanya untuk pendekat tipe P, tanpa median, jalan dua arah dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk

Faktor penyesuaian belok kiri (F<sub>BKa</sub>) dihitung dengan rumus:

$$F_{BKa} = 1,0 + R_{BKa} \times 0,26 \dots\dots\dots (20)$$

Ket :R<sub>BKa</sub> = Rasio Arus belok kiri pada Pendekat

**3.8.4. Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F<sub>BKi</sub>)**

F<sub>BKi</sub> ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan berbelok kanan. Perlu diperhatikan bahwa penggunaan factor ini hanya untuk pendekat tipe P, tanpa median, jalan dua arah dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

Faktor penyesuaian belok kiri (F<sub>BKi</sub>) dihitung dengan rumus:

$$F_{BKl} = 1,0 - R_{BKl} \times 0,16 \dots\dots\dots (21)$$

**3.8.5. Rasio Arus/Arus Jenuh (R<sub>Q/S</sub>)**

Rasio Arus (R<sub>Q/S</sub>) masing-masing pendekat di hitung menggunakan rumus:

$$R_{Q/S} = Q / S \dots\dots\dots (22)$$

Nilai arus jenuh yang disesuaikan dihitung sebagai :

$$S = S_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \text{ ( smp/jam hijau)} \dots\dots\dots(23)$$

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

**3.8.6. Waktu Siklus dan Waktu Hijau**

Mencari waktu siklus adalah :

$$c = \frac{(1,5 \times Hh + 5)}{1 - \sum Rq/s \text{ kritis}} \dots\dots\dots( 24)$$

Keterangan :

c = waktu siklus

H<sub>H</sub> = jumlah waktu hijau hilang per siklus

R<sub>Q/S</sub> = rasio arus

R<sub>Q/S Kritis</sub> = rasio arus simpang (sama dengan jumlah semua R<sub>Q/S Kritis</sub> dari semua fase) pada siklus tersebut.

Mencari waktu hijau

$$Hi = (c - Hh) \times \frac{Rq/skritis}{\sum i(Rq/skritis)} \dots\dots\dots( 25)$$

**3.8.7. Kapasitas**

$$C = S \times \frac{H}{c} \dots\dots\dots( 26)$$

Keterangan :

C = kapasitas (smp/jam)

S = arus jenuh (smp/jam)

H = waktu hijau (det)

c = waktu siklus yang ditentukan (det)

**3.8.8. Derajat Kejenuhan**

$$D_j = Q / C \dots\dots\dots( 27)$$

Keterangan :

D<sub>J</sub> = derajat kejenuhan

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

C = kapasitas (smp/jam)

### 3.8.9. Panjang Antrian

Menggunakan hasil perhitungan derajat kejenuhan untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya.

Untuk  $DS > 0,5$ :

$$N_{Q1} = 0,25 \times C \times [(D_j - 1) + \sqrt{(D_j - 1)^2 + 8 \times (D_j - 0,5) / C}] \dots\dots\dots(28)$$

dimana :

$N_{Q1}$  = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

$D_j$  = Derajat kejenuhan

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

Untuk  $DS < 0,5$  :  $N_{Q1} = 0$

Menghitung jumlah antrian smp yang datang selama fase merah ( $N_{Q2}$ )

Menghitung jumlah antrian smp yang datang selama fase merah ( $N_{Q2}$ ).

$$N_{Q2} = c \times \frac{1 - R_H}{1 - R_H \times D_j} \times \frac{Q}{3600} \dots\dots\dots(29)$$

Keterangan:

$N_{Q2}$  = Jumlah smp yang datang selama fase merah

$D_j$  = Derajat kejenuhan

$R_H$  = Rasio hijau

c = Waktu siklus (det)

Menghitung Jumlah kendaraan antri dan masukkan

$$NQ = N_{Q1} + N_{Q2} \dots\dots\dots(30)$$

Menghitung panjang antrian dengan rumus :

$$PA = NQ \times \frac{20}{L_M} \dots\dots\dots(31)$$

Keterangan :

PA = Panjang Antrian (m)

$N_Q$  = Jumlah antrian yang disesuaikan

$L_M$  = Lebar masuk

### 3.8.10. Kendaraan Terhenti

Menghitung angka henti ( $R_H$ ) masing-masing pendekat yang didefinisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian) dengan rumus dibawah. NS adalah fungsi dari NQ dibagi dengan waktu siklus.

$$R_{kh} = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \dots \dots \dots (32)$$

Keterangan :

C = Siklus Sinyal

Q = Arus Lalu Lintas

NQ = Panjang Antrian

Mengitung kendaraan terhenti ( $N_{sv}$ ) masing-masing pendekat :

$$N_H = Q \times R_{KH} \dots \dots \dots (33)$$

### 3.8.11. Tundaan

Menghitung tundaan lalu lintas rata-rata setiap pendekat (DT) :

$$TL = C \times \frac{0,5 \times (1-RH)^2}{(1-RH \times DJ)} + \frac{NQ \times 360}{c} \dots \dots \dots (34)$$

Dimana :

DT = Tundaan Lalu-Lintas Rata-Rata (Det/Smp)

c = Waktu Siklus Yang Di Sesuaikan (Det)

$R_H$  = Rasio Hijau (G/C)

$D_j$  = Derajat Kejenuhan

$N_{Q1}$  = Jumlah Smp Yang Tersisa Dari Fase Hijau Sebelumnya

C = Kapasitas (Smp/Jam)

Menentukan tundaan geometri rata-rata masing-masing pendekat ( $T_G$ ) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan/atau ketika dihentikan oleh lampu merah.

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (P_{KH} \times 4) \dots \dots \dots (35)$$

Keterangan:

$T_G$  = Tundaan geometri rata-rata untuk pendekat (det/smp)

$P_{KH}$  = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat = min (NS,1)

$P_B$  = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat

Kemudian menghitung tundaan rata-rata simpang (DI):

$$T_i = T_{Li} + T_{Gi} \dots\dots\dots (36)$$

### 3.9. Analisa Metode Webster

#### 3.9.1. Hitung Rasio antara volume lalu lintas dan arus jenuh (q/s)

Perhitungan rasio menggunakan persamaan:

$$y = \frac{q}{s} \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots (37)$$

Perhitungan rasio kritis :

$$Y = \sum y$$

Apabila nilai  $Y > 0,8$  maka dilakukan penghitungan ulang.

#### 3.9.2. Perhitungan Hilang Dalam Siklus

Untuk menghitung waktu hilang dalam siklus menggunakan persamaan :

$$L = n \times (I_p - a) + n (I_1 + I_2) \dots\dots\dots (38)$$

Keterangan :

n = jumlah fase/stage

$I_p$  = Intergreen period,  $I_p$  normal tergantung dari ukuran simpang

$I_1$  = waktu hilang di awal periode hijau, dimana kendaraan kehilangan star awal pada saat mau memulai pergerakan

$I_2$  = waktu hilang di akhir periode hijau, akibat masih adanya kendaraan yang melewati simpang pada saat nyala kuning

#### 3.9.3. Waktu Siklus Optimum ( $C_o$ )

Perhitungan waktu siklus menggunakan persamaan :

$$C_o = \frac{(1,5 \times L + 5)}{(1 - Y)} \dots\dots\dots (39)$$

Waktu siklus dipilih antara 0,75 dan 1,50

#### 3.9.4. Waktu Hijau Efektif Total

Perhitungan waktu hijau efektif total menggunakan persamaan :

$$g = C - L \dots\dots\dots (40)$$

Keterangan :

g = waktu efektif total

C = waktu siklus

L = lebar jalan

### 3.9.5. Waktu Hijau Efektif Tiap Fase

Rumus untuk mencari waktu hijau efektif adalah :

$$g_i = \frac{y}{Y} \times (C - L) \dots\dots\dots (41)$$

Keterangan :

y = rasio

Y = rasio kritis ( $Y = \sum y$ )

C = waktu siklus

L = lebar jalan

### 3.9.6. Waktu Hijau Aktual (K)

Rumus untuk mencari waktu hijau actual adalah :

$$K = g + I_1 + I_2 - a \dots\dots\dots (42)$$

Keterangan :

g = waktu hijau efektif

I<sub>1</sub> = waktu hilang di awal periode hijau, dimana kendaraan kehilangan start awal pada saat mau memulai pergerakan

I<sub>2</sub> = waktu hilang di akhir periode hijau, akibat masih adanya kendaraan

a = amber time/ waktu kuning biasanya ditetapkan sebesar 3 detik.