

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Seiring dengan tingkat kemajuan dan perkembangan suatu masyarakat, maka tuntutan terhadap efisiensi waktu dan biaya sangat diperlukan khususnya kota ataupun kabupaten yang memiliki arus lalu lintas yang cukup padat, seperti halnya Simpang Tiga Pekan yang memiliki arus lalu lintas yang bisa dibilang cukup padat dan sering terjadinya kecelakaan ringan dikarenakan dengan tidak adanya alat pengatur lalu lintas (*Traffic Light*). Demikian pula dengan pertumbuhan penduduk, meningkatnya jumlah kendaraan dan begitu juga dengan pembangunan pemukiman – pemukiman baru baik dalam kota maupun pinggiran kota mengakibatkan meningkatnya arus lalu lintas. Untuk menghindari keterlambatan dalam perjalanan dan juga meminimalisir terjadinya kecelakaan lalu lintas maka harus diimbangi dengan peningkatan dalam pengaturan lalu lintas. (Pernandes, 2020)

Persimpangan merupakan simpul pada bagian jalan dimana dua atau lebih ruas jalan bertemu atau berpotongan yang mencakup fasilitas tepi jalan (*road side*) dan jalur jalan (*road way*). Dimana lalu lintas dapat bergerak didalamnya. Simpang tak

bersinyal sangat mempengaruhi kelancaran pergerakan lalu lintas yang saling berpotongan terutama pada simpang yang merupakan dari ruas – ruas jalan yang mempunyai kelas yang sama, dimana pada ruas jalan simpang tiga pekan merupakan penghubung lintasan yang strategis. Arus kendaraan pada

Regulasi lalu lintas membantu dalam menciptakan lingkungan jalan yang lebih aman bagi semua pengguna jalan, termasuk pejalan kaki, pengendara sepeda, dan pengemudi kendaraan bermotor (Othman & Ali, 2020)

Peraturan seperti lampu lalu lintas, rambu – rambu, dan marka jalan menurut (Prasetyo, 2023) memberikan petunjuk yang diperlukan untuk mengurangi risiko kecelakaan. Regulasi lalu lintas membantu mengelola aliran kendaraan, terutama di titik – titik kritis seperti simpang (Jaya et al, 2023).

Dengan aturan yang jelas, misalnya melalui lampu lalu lintas atau tanda prioritas, sistem transportasi bisa diatur sehingga aliran lalu lintas bisa berjalan lebih lancar, mengurangi kemacetan, dan waktu perjalanan menjadi lebih efisien (Jing & Liao, 2023).

Pengaturan lalu lintas juga membantu menghindari terjadinya kepadatan yang berpotensi mengganggu aliran kendaraan (Arsyad & Septiana, 2021). Faktor – faktor yang mempengaruhi lalu lintas meliputi jenis kendaraan termasuk kendaraan pribadi, bus, truk, sepeda, dan berbagai jenis kendaraan lainnya yang berkontribusi pada arus lalu lintas. Aturan dan regulasi yang mempengaruhi perilaku pengemudi dan pengguna jalan, seperti aturan lampu lalu lintas, tanda – tanda, rambu lalu lintas, dan peraturan kecepatan (Kucera & Chocholac, 2021)

Keadaan jalan, termasuk lebar jalan, kondisi permukaan, tikungan, dan berbagai faktor lainnya yang mempengaruhi kemudahan pergerakan kendaraan. Jumlah kendaraan yang bergerak pada suatu waktu tertentu yang mempengaruhi kecepatan dan efisiensi arus lalu lintas (Bonela & Kadali, 2022)

## 1.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan langkah awal untuk menganalisis dan memahami isu-isu yang terjadi pada lokasi penelitian. Berdasarkan judul skripsi, berikut beberapa poin identifikasi masalah yang dapat diangkat:

1. **Peningkatan Volume Lalu Lintas:** Terjadinya peningkatan volume lalu lintas pada simpang tak bersinyal yang ditinjau, yang mengakibatkan antrean dan tundaan yang signifikan, terutama pada jam-jam sibuk
2. **Tingginya Tingkat Konflik dan Potensi Kecelakaan:** Tidak adanya pengaturan sinyal pada simpang menyebabkan tingginya titik konflik antar arus lalu lintas (terutama konflik memotong dan *weaving*), yang meningkatkan potensi kecelakaan.
3. **Kinerja Simpang yang Kurang Optimal:** Kinerja simpang tak bersinyal yang ada, diukur dari nilai derajat kejenuhan ( $SDSS$ ) dan tundaan (*delay*), menunjukkan kondisi kinerja yang buruk dan sudah melampaui batas toleransi.

## 1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kinerja simpang tak bersinyal saat ini berdasarkan analisis data volume lalu lintas dan geometri simpang?

2. Bagaimanakah prosedur dan hasil perhitungan geometrik dan kebutuhan waktu sinyal (*cycle time* dan waktu hijau efektif) untuk perencanaan *traffic light* pada simpang berdasarkan metode PKJI 2023?

#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah menentukan ruang lingkup penelitian agar fokus dan terarah

1. **Lokasi Penelitian:** Penelitian hanya dilakukan pada satu simpang tak bersinyal spesifik yang telah ditentukan (Simpang Tiga Pekan Perbaungan)
2. **Metode Analisis:** Analisis kinerja simpang dan perencanaan *traffic light* hanya menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023.
3. **Aspek Perencanaan:** Perencanaan *traffic light* hanya mencakup perhitungan geometrik simpang dan analisis kinerja waktu sinyal (misalnya, *cycle time*, waktu hijau, derajat kejenuhan, dan tundaan), serta tidak membahas detail desain mekanikal atau elektrikal sistem *traffic light* atau aspek biaya.

#### 1.5 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis dan mengevaluasi kinerja simpang tak bersinyal pada kondisi eksisting berdasarkan data volume lalu lintas dan geometri simpang.
2. Melakukan perhitungan dan perencanaan waktu sinyal (*traffic light*) yang optimal pada simpang tak bersinyal menggunakan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023.

3. Membandingkan dan mengevaluasi peningkatan kinerja simpang (derajat kejenuhan dan tundaan) setelah direncanakan sebagai simpang bersinyal

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika Penulisan yang digunakan untuk menyusun proposal penelitian adalah sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah , tujuan penelitian dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Berisikan penguraian penelitian terdahulu untuk dijadikan acuan melaksanakan penelitian secara literatur yang berhubungan dengan topik yang di ambil.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini mencakup metode penelitian, sumber data, Teknik pengumpulan data, Lokasi Penelitian dan prosedur penelitian.

### **BAB IV ANALISA DATA**

Bab ini membahas tentang hasil penelitian dan menganalisis data yang diperoleh dari penelitian.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisikan kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Simpang Secara Umum**

Simpang adalah tempat bertemunya dua atau lebih ruas jalan yang memungkinkan pergerakan kendaraan maupun pejalan kaki dari satu arah ke arah lainnya. Simpang berfungsi untuk mengatur distribusi arus lalu lintas sehingga pergerakan antar kendaraan dapat berjalan dengan aman dan efisien. (Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023)

Simpang merupakan elemen penting dalam jaringan jalan yang berpengaruh besar terhadap kelancaran arus lalu lintas karena merupakan titik konflik utama antara pergerakan kendaraan (Kementerian PUPR, 2023)

Simpang dapat dibedakan menjadi dua jenis utama berdasarkan cara pengendaliannya, yaitu simpang bersinyal dan simpang tak bersinyal (Munawar, 2011)

##### **2.1.1 Jenis – jenis simpang**

Ada dua jenis persimpangan jalan dilihat dari perencanaannya yaitu (Sulaksono, 2001) :

1. Pertemuan persimpangan jalan sebidang  
Pertemuan persimpangan sebidang adalah pertemuan dua ruas jalan atau lebih secara sebidang I tidak saling bersusun. Pertemuan ini direncanakan sedemikian dengan tujuan untuk

mengalirkan atau melewati lalu lintas dengan lancar serta mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan/pelanggaran sebagai akibat dari titik konflik yang ditimbulkan dari adanya pergerakan antara kendaraan bermotor, pejalan kaki, sepeda dan fasilitas-fasilitas lain atau dengan kata lain akan memberikan kemudahan, kenyamanan dan ketenangan terhadap pemakai jalan yang melalui persimpangan. Perencanaan persimpangan yang baik akan menghasilkan kualitas operasional yang baik seperti tingkat pelayanan, waktu tunda, panjang antrian dan kapasitas.

Menurut pengaturannya simpang sebidang dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu (Warpani, 2002) :

a. Simpang bersinyal

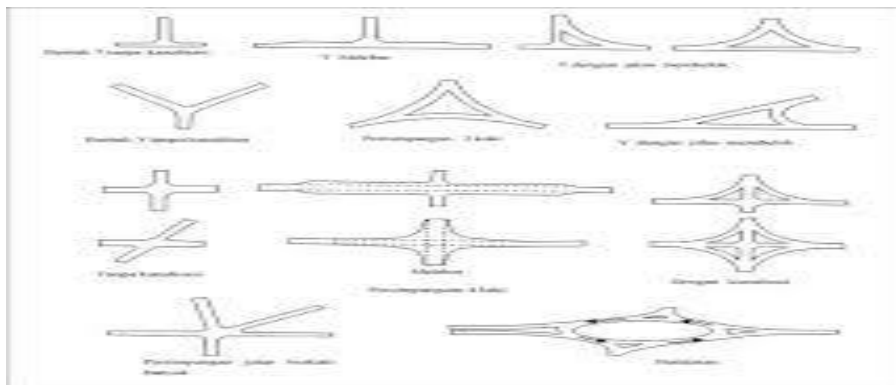
Simpang ini adalah pertemuan atau perpotongan pada suatu bidang antara dua atau lebih jalur jalan raya dengan simpang masing-masing, pada titik-titik simpang dilengkapi dengan lampu sinyal (*traffic light*) lalu lintas. Penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna (hijau, kuning, merah) diterapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu. Hal ini adalah keperluan yang mutlak bagi gerakan-gerakan lalu lintas yang datang dari jalan yang saling berpotongan (konflik utama). Sinyal-sinyal dapat juga digunakan untuk memisahkan gerakan membelok dari lalu lintas lurus melawan atau memisahkan gerakan lalu lintas membelok dari pejalan kaki yang menyeberang (konflik kedua).

b. Simpang tak bersinyal

Simpang tak bersinyal adalah perpotongan atau pertemuan pada suatu bidang antara dua atau lebih jalur jalan raya dengan simpang masing-masing, dan pada titik-titik simpang tidak dilengkapi dengan lampu sebagai rambu-rambu simpang. Ketentuan dari aturan lalu lintas pada simpang tanpa lampu lalu lintas sangat mempengaruhi kelancaran pergerakan arus lalu lintas yang sangat berpotongan terutama pada simpang yang merupakan perpotongan dari ruas-ruas jalan yang mempunyai kelas jalan yang sama.

Pada umumnya simpang tak bersinyal dengan pengaturan hak jalan (prioritas dari sebelah kiri) digunakan di daerah permukiman perkotaan dan daerah pedalaman untuk persimpangan antara jalan lokal dengan arus lalu lintas rendah. Untuk persimpangan dengan kelas dan/atau fungsi jalan yang berbeda, lalu lintas pada jalan minor harus diatur dengan tanda "yield" atau "stop". Simpang tak bersinyal paling efektif apabila ukurannya kecil dan daerah konflik lalu lintasnya ditentukan dengan baik. Karena itu simpang ini sangat sesuai untuk persimpangan antara jalan dua lajur tak terbagi. Pertemuan jalan sebidang ini pada dasarnya ada 4 macam yaitu:

1. Simpang lengan 3
2. Simpang lengan 4
3. Simpang lengan banyak
4. Bundaran

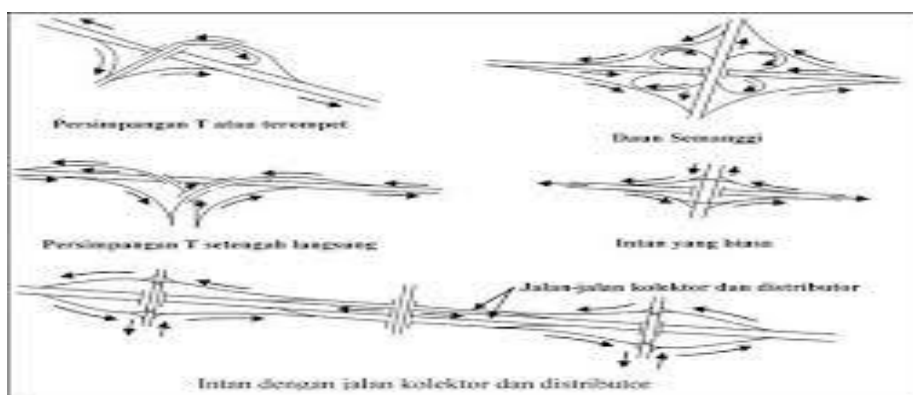


Gambar 2.1 sim pang tak sebidang

Sumber PKJI 2023

### 1. Persimpangan tidak sebidang

Persimpangan tidak sebidang adalah sim pang yang memisah-misahkan lalu lintas pada jalur yang berbeda sedemikian rupa sehingga sim pang jalur dari kendaraan-kendaraan 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



Gambar 2.2 sim pang sebidang

Sumber PKJI 2023

## 2.2 Pengertian dan Fungsi Traffic Light

Traffic light atau alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL) merupakan perangkat lalu lintas yang menggunakan sinyal cahaya bersama merah, kuning dan hijau untuk mengendalikan pergerakan kendaraan dan pejalan kaki di simpang jalan (Mrolok, 1998)

Tujuan utama pemasangan Traffic Light adalah untuk mengatur prioritas arus kendaraan, mengurnangi konflik antar pergerakan, serta meningkatkan keselamatan dan efisiensi lalu lintas (Kementerian PUPR, 2023)

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023), Traffic Light berfungsi sebagai alat untuk memberikan hak jalan secara bergantian kepada arus lalu lintas yang saling berpotongan, sehingga tidak terjadi konflik secara bersamaan. Dengan demikian, APILL berperan penting dalam menciptakan dan kelancaran lalu lintas di simpang yang memiliki volume kendaraan cukup tinggi.

### 2.2.1 Komponen dan Sistem Operasi

Traffic light terdiri dari tiga warna utama yang masing-masing memiliki arti universal

- **Merah** : Kendaraan harus berhenti di belakang garis henti.
- **Kuning** : peringatan agar pengemudi bersiap untuk berhenti karena sinyal akan segera berubah menjadi merah
- **Hijau** : kendaraan diperbolehkan berjalan apabila jalur telah bebas

Lampu-lampu ini bekerja berdasarkan siklus waktu yang telah diatur sedemikian rupa sesuai kondisi lalu lintas di lokasi persimpangan. Siklus ini diatur

agar arus kendaraan dari berbagai arah mendapat giliran secara bergantian dan terkoordinasi.

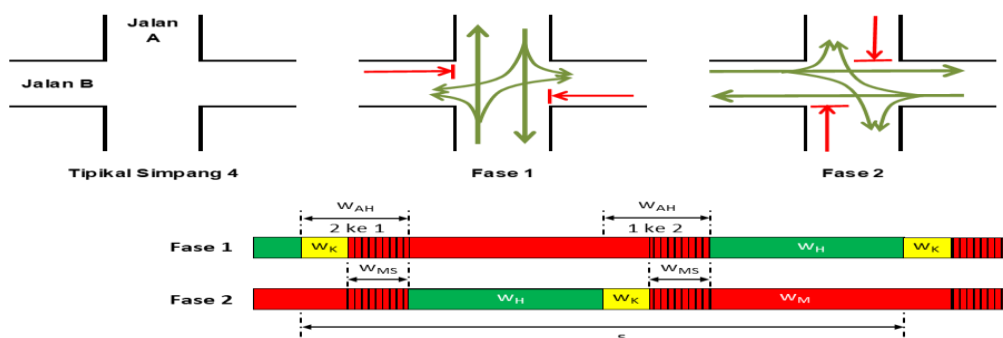
### 2.2.2 Kapasitas Simpang APILL

Analisis kapasitas untuk setiap pendekat dilakukan secara terpisah. Satu lengan simpang APILL dapat terdiri dari 1 (satu) pendekat atau lebih (menjadi 2 (dua) atau lebih sub-pendekat, termasuk pengaturan fasenya, lihat Gambar 5-3). Hal ini terjadi jika gerakan belok kanan dan/atau belok kiri mendapat isyarat hijau pada fase yang berlainan dengan lalu lintas yang lurus, atau jika dipisahkan secara fisik oleh pulau-pulau jalan. Untuk masing-masing pendekat atau sub-pendekat, lebar efektif (LE) ditetapkan dengan mempertimbangkan lebar pendekat pada bagian

Ukuran simpang	Lebar jalan rata-rata (m)	Nilai normal $w_{AH}$ (detik/fase)
Kecil	6 sampai kurang dari 10	4
Sedang	10 sampai kurang dari 15	5
Besar	lebih dari atau sama dengan 15	$\geq 6$

Tabel 2.1 Jenis ukuran simpang

Sumber: PKJI 2023



Gambar 2.3 urutan waktu menyala isyarat pada pengaturan APILL dua fase

Sumber PKJI 2023

masuk dan pada bagian keluar simpang APILL. C dihitung menggunakan

Persamaan 2-1

$$C = J x \frac{W_H}{S} \dots\dots\dots 2.1$$

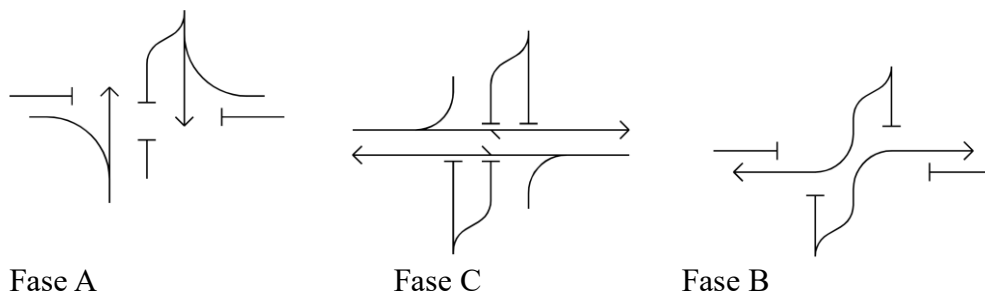
Keterangan :

C : Adalah kapasitas simpang APILL dalam Ssmp/jam

J : Adalah arus jenuh, dalam smp/jam

$W_H$  : adalah total waktu hijau dalam satu siklus, dalam detik

S : adalah waktu siklus, dalam detik



Gambar 2.4 Penentuan fase

Sumber: PKJI 2023

### 2.2.3 Penentuan lebar pendekat efektif

Lebar pendekat efektif (*effective approach width*) adalah lebar total jalur lalu lintas yang secara efektif dapat digunakan oleh kendaraan untuk mendekati suatu persimpangan. Nilai ini tidak selalu sama dengan lebar geometrik jalan karena dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti adanya kendaraan parkir, median,

trottoar, pembatas jalan, atau perilaku pengemudi yang tidak memanfaatkan seluruh lebar jalan.

#### 2.2.4 Tipe pendekat efektif

Pada pendekat dengan arus lalu lintas yang berangkat pada fase yang berbeda, maka analisis kapasitas pada masing-masing fase pendekat tersebut harus dilakukan secara terpisah (misal arus lurus dan belok kanan dengan lajur terpisah). Hal yang sama pada perbedaan tipe pendekat, pada satu pendekat yang memiliki tipe pendekat, baik terlindung maupun terlawan (pada fase yang berbeda), maka proses analisisnya harus dipisahkan berdasarkan ketentuan-ketentuannya masing-masing. Gambar 5-4 memberikan ilustrasi dalam penentuan tipe pendekat, apakah terlindung (P) atau terlawan (O).

Tipe pendekat	Keterangan	Contoh pola pengaturan pada pendekat			
Terlindung (Tipe P)	Arus berangkat tidak konflik dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan satu arah	Jalan satu arah	Simpang-3	
		Jalan dua arah, belok kanan dibatasi			
		Jalan dua arah, fase untuk masing-masing arah terpisah			
Terlawan (Tipe O)	Arus berangkat konflik dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan dua arah, arus berangkat dari arah yang berlawanan dalam Fase yang sama. Semua belok kanan tidak dibatasi			

Gambar 2.5 Penentuan tipe pendekat

Sumber PKJI 2023

Dalam Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI, 2023), lebar pendekat efektif digunakan untuk menentukan kapasitas dan kinerja simpang, terutama dalam perhitungan arus jenuh (*saturation flow*). Lebar ini menggambarkan kemampuan pendekat dalam menampung kendaraan yang akan melintasi simpang pada kondisi tertentu.

#### 2.2.5 Lebar Pendekat Efektif

Penentuan lebar pendekat efektif Penentuan lebar pendekat efektif ( $L_E$ ) didasarkan pada beberapa parameter yaitu lebar ruas pendekat awal ( $L$ ), lebar masuk ( $L_M$ ), dan lebar keluar ( $L_K$ ). Ada beberapa kondisi dalam menentukan  $L_M$  yaitu:

- Untuk pendekat dengan pulau lalu lintas, arus belok kirir memiliki lebar lajur tersendiri sehingga lebar masuk ( $L_M$ ) merupakan lebar antara tepi pulau lalu lintas dengan medan yang ditunjukkan pada
- Untuk pendekat tanpa pulau lalu lintas, arus belok kiri jalan terus bisa membentuk lajur sendiri atau bisa bergabung dengan arus yang lurus tergantung dari ketersediaan ruang kendaraan yang belok kiri. Apabila ( $L_{BKIJT}$ ) lebih dari 2 meter maka arus belok kiri dapat membentuk antrian sendiri sehingga  $L_M = L + L_{BKIJT}$

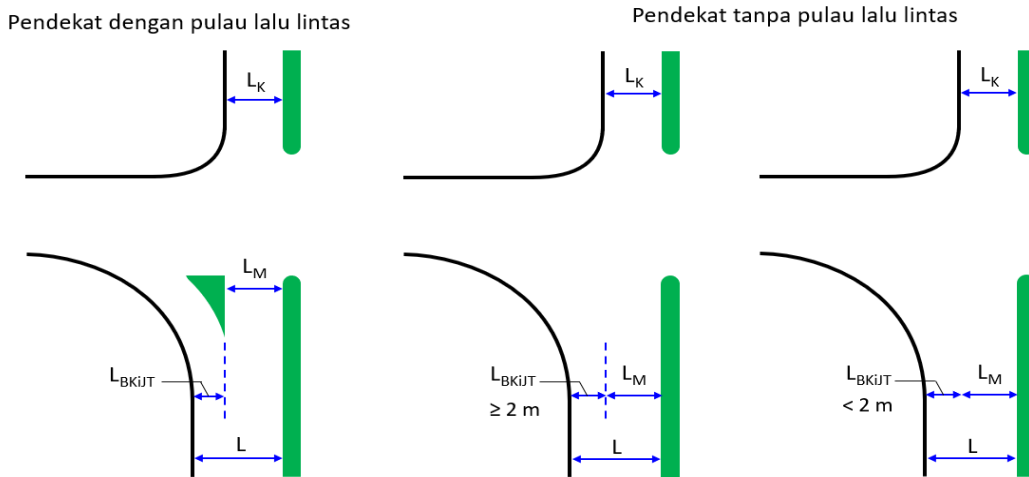
Lebar efektif ( $L_E$ ) dapat dihitung dengan menggunakan ketentuan menggunakan ketentuan sebagai berikut:

1. Jika  $L_{BKIJT} \geq 2 m$  atau  $L_{BKIJT}$  merupakan lajur eksklusif, maka arus kendaraan  $B_{KIJT}$  dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan selama isyarat merah.  $L_E$  ditetapkan sebagai berikut:

a. Keluarkan arus  $B_{KIJT}$  ( $q_{BKIJT}$ ) dari perhitungan dan selanjutnya arus yang dihitung adalah  $q = q_{LRS} + q_{bka}$  tentukan lebar efektif sebagai berikut:

$$L_E = \text{Min} \int \frac{L - L_{BKIJT}}{L_M} \dots\dots\dots 2.2$$

b. Periksa  $L_K$  (hanya untuk pendekat tipe P), jika  $L_K < L_M x (-1R_{BKA})$ , maka  $L_E = L_X$ , dan analisis penentuan waktu isyarat untuk pendekat ini didasarkan hanya bagian lalu lintas yang lurus saja yaitu  $q_{RS}$



Gambar 2.6 Lebar pendekat dengan dan tanpa pulau lalu lintas  
Sumber PKJI 2023

2. Jika  $L_{BKIJT} < 2 M$ , maka kendaraan  $B_{KIJT}$  dianggap tidak dapat mendahului antrian kendaraan lainnya selama isyarat merah,  $L_E$  ditetapkan sebagai berikut:

- Sertakan  $q_{BKIJT}$  pada perhitungan selanjutnya

$$L_E = \text{Min} \int \frac{L}{\frac{L_M + L_{BKIJT}}{L \times (1 + r_{bkijt})^{-L_{BKIJT}}}} \dots\dots\dots 2.3$$

- Periksa  $L_K$  (hanya untuk pendekat tipe P)

$$L_K < L_M \times (-1R_{BKA} - R_{BKIJT}) \dots\dots\dots 2.4$$

Keterangan:

$L$  : adalah lebar pendekat efektif

$L_M$  : adalah lebar jalur masuk

$L_E$  : adalah lebar jalur efektif

$B_{KIJT}$  : adalah belok kiri jalan terus

$L_{BKIJT}$  : adalah lebar ruas belok kiri jalan terus

$R_{BKIJT}$  : adalah rasio arus belok kiri jalan terus

$R_{BKIA}$  : adalah rasio arus belok kanan

#### 2.2.6 Penentuan arus jenuh

Arus jenuh ( $J$ , SMP/jam) adalah hasil perkalian antara arus jenuh dasar ( $J_0$ ) dengan faktor- faktor koreksi untuk penyimpangan kondisi eksisting terhadap kondisi ideal.  $J_0$  adalah  $J$  pada kondisi arus lalu lintas dan geometri yang ideal, sehingga faktor-faktor koreksi untuk  $J_0$  adalah satu.  $J$  dapat dihitung menggunakan persamaan 2.5

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \dots\dots\dots 2.5$$

Keterangan :

$F_{HS}$  : adalah faktor koreksi  $J_0$  akibat hambatan samping lingkungan jalan

$F_{UK}$  : adalah faktor koreksi  $J_0$  terkait ukuran kota

$F_G$  : adalah faktor koreksi  $J_0$  akibat kelandaian memanjang pendekat

$F_{HS}$  : adalah faktor koreksi  $J_0$  akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama  $F_P$  dapat dihitung dari persamaan 2.6 yang mencakup pengaruh panjang waktu hijau

$$F_P = \frac{f\left(\frac{L_P}{3} - \frac{(L_P - W_H)}{3}\right)}{\frac{L}{W_H}} \dots\dots\dots 2.6$$

Keterangan:

$L_P$  : adalah jarak antara garis henti ke kendaraan yang parkir pertama pada lajur belok kiri atau panjang dari lajur belok kiri yang pendek, dalam meter

$L$  : : adalah lebar pendekat, dalam meter

$W_H$  : adalah waktu hijau pada pendekat yang ditinjau (nilai normalnya 27 detik)

$F_{BK_i}$  : adalah faktor koreksi  $J_0$  akibat arus lalu lintas yang membelok ke kiri ketentuan tertentu.

$F_{BKA}$  : adalah faktor koreksi  $J_0$  akibat arus lalu lintas yang membelok ke kanan ketentuan tertentu.

### 2.2.7 Arus Jenuh Dasar

- Untuk pendekat terlindung,  $J_0$  ditentukan oleh persamaan 2-7 sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat. Selain itu, penetapan nilai  $J_0$  untuk tipe pendekat terlindung, dapat ditentukan dengan menggunakan diagram

$$J_0 = 600 \times L_E \dots\dots\dots 2.7$$

Keterangan:

$J_0$  : adalah arus jenuh dasar, dalam smp/jam

$L_E$  : adalah lebar efektif pendekat, dalam meter

- Untuk pendekat terlawan (tipe O)
  1. Tidak dilengkapi lajur belok kanan terpisah, maka  $J_0$  ditentukan sebagai fungsi dari  $L_E$ ,  $q_{BKA}$ , dan  $q_{BKA,O}$
  2. dilengkapi dengan lajur belok kanan terpisah, maka gunakan sebagai fungsi dari  $L_E$ ,  $q_{BKA}$ , dan  $q_{BKA,O}$

gunakan rumus-rumus tersebut untuk mendapatkan nilai  $J_0$  dan lakukan interpolasi seperlunya. Lihat contoh berikut terkait penanganan keadaan yang mempunyai  $q_{BKA}$  lebih besar dari yang terdapat dalam diagram

### 2.2.8 Arus jenuh yang telah disesuaikan J

Nilai J ditentukan dengan menggunakan Persamaan 2.5 di atas. Dalam perhitungannya, perlu diperhatikan jika suatu pendekat mempunyai isyarat hijau lebih dari satu fase, yang arus jenuhnya telah ditentukan secara terpisah, maka nilai arus jenuh kombinasi harus dihitung secara proporsional terhadap waktu hijau masing-masing fase.

Contoh, jika suatu pendekat berisyarat hijau pada kedua fase 1 dan 2 dengan waktu hijau  $w_{H1}$  dan  $w_{H2}$  dan arus jenuh  $J_1$  dan  $J_2$ , nilai kombinasi  $J_{1+2}$  dihitung sebagai berikut:

$$J_{1+2} = \frac{J_1 \times w_{H1} + J_2 \times w_{H2}}{w_{H1} + w_{H2}} \dots\dots\dots 2.8$$

Keterangan:

$w_{H1}$  : adalah waktu hijau efektif untuk fase 1

$w_{H2}$  : adalah waktu hijau efektif untuk fase 2

$J_1$  : adalah arus lalu lintas pada pendekat 1

$J_2$  : adalah arus lalu lintas pada pendekat 2

Jika salah satu dari fase tersebut adalah fase pendek, misalnya "waktu hijau awal", dimana satu isyarat pada pendekat menyala hijau beberapa saat sebelum mulainya hijau pada arah yang berlawanan, disarankan untuk menggunakan hijau awal ini antara 1/4 sampai 1/3 dari total waktu hijau pada pendekat yang diberi waktu hijau awal. Perkiraan yang sama dapat digunakan untuk "waktu hijau akhir" dimana nyala hijau pada satu pendekat diperpanjang beberapa saat setelah berakhirnya nyala hijau pada arah yang berlawanan. Lama

waktu hijau awal dan akhir minimal 10 detik.

### 2.2.9 Rasio arus terhadap arus jenuh

Dalam menganalisis rasio arus terhadap arus jenuh  $R_{q/J}$ , perlu diperhatikan bahwa:

- jika arus BKIJT rasio harus dipisahkan dari analisis, maka hanya arus lurus dan belok kanan saja yang dihitung sebagai nilai 1
- jika  $LE=LK$ , maka hanya arus lurus saja yang masuk dalam nilai q
- jika pendekat mempunyai 2 (dua) fase, yaitu fase kesatu untuk arus terlawan (O) dan fase kedua arus terlindung (P), maka arus gabungan dihitung dengan pembobotan seperti proses perhitungan arus jenuh

$$R_{\frac{q}{J}} = \frac{q}{j} \dots\dots\dots 2.9$$

Keterangan:

q : adalah arus lalu lintas

J : adalah arus jenuh

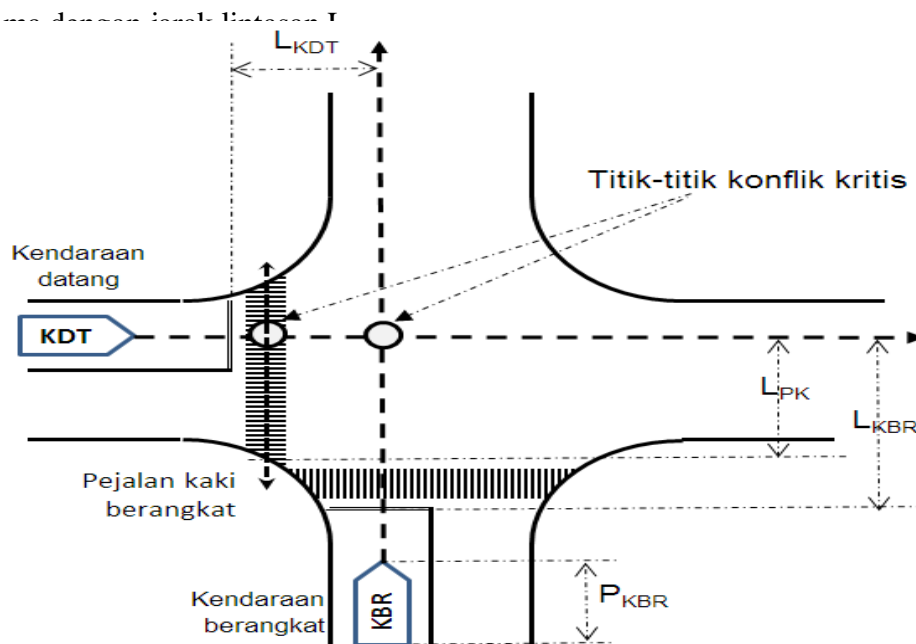
## 2.3 Waktu isyarat APILL

Menurut PKJI 2023 waktu isyarat adalah keseluruhan waktu yang mengatur pergantian sinyal lalu lintas pada suatu siklus di simpang bersinyal, secara umum waktu isyarat APILL mencakup seluruh fase sinyal (merah,kuning

dan hijau) yang bekerja bergantian untuk mengatur pergerakan lalu lintas dari setiap pendekat simpang.

### 2.3.1 Waktu merah semua dan waktu hijau hilang total

$W_{MS}$  diperlukan untuk pengosongan area konflik dalam simpang APILL pada akhir setiap fase. Waktu ini memberikan kesempatan bagi kendaraan terakhir (KBR) melewati garis henti pada akhir isyarat kuning sampai dengan meninggalkan titik konflik. Jarak ini adalah panjang lintasan keberangkatan ( $L_{KBR}$ ) ditambah panjang kendaraan berangkat ( $P_{KBR}$ ) sebelum kedatangan kendaraan pertama yang datang dari arah lain (KDT) pada fase berikutnya yang melewati garis henti pada awal isyarat hijau sampai dengan ke titik konflik yang



Gambar 3.1 Titik konflik kritis dan jarak untuk keberangkatan dan kedatangan  
Sumber PKJI 2023

Jadi,  $w_{MS}$  merupakan fungsi dari kecepatan dan jarak dari kendaraan

yang berangkat dan yang datang dari garis henti masing-masing arah sampai ke titik konflik, serta panjang dari kendaraan yang berangkat ( $P_{KBR}$ ). Dalam hal waktu lintasan pejalan kaki ( $L_{PK}$ ) lebih lama ditempuh dibandingkan  $L_{KBR}$ , maka  $L_{PK}$  yang menentukan panjang lintasan berangkat (lihat gambar 3.1).

Titik konflik kritis pada masing- masing fase (i) adalah titik yang menghasilkan  $W_{MS}$  terbesar  $W_{MS}$  per fase dipilih yang terbesar dari dua hitungan waktu lintasan, yaitu kendaraan berangkat dan pejalan kaki. Hitung  $W_{MS}$  menggunakan persamaan berikut:

$$W_{MS} = Max \int \frac{\frac{L_{KBR} + P_{KBR}}{V_{KBR}} \cdot \frac{L_{KDT}}{V_{KDT}}}{\frac{L_{PK}}{V_{PK}}} \dots\dots\dots 2.10$$

Keterangan:

$L_{KBR}, L_{KDT}, L_{PK}$  : adalah jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat, kendaraan yang datang, dan pejalan kaki, dalam meter

$P_{KBR}$  : adalah panjang kendaraan yang berangkat, dalam meter

$V_{KBR}, V_{KDT}, V_{PK}$  : adalah kecepatan untuk masing-masing kendaraan berangkat, kendaraan datang, dan pejalan kaki, dalam m/det.

Gambar 3.1 menunjukkan kejadian dengan titik-titik konflik kritis yang diberi tanda bagi kendaraan-kendaraan maupun para pejalan kaki yang memotong jalan. Nilai-nilai  $V_{KBR}$ ,  $V_{KDT}$ , dan  $P_{KBR}$  tergantung dari kondisi lokasi setempat. Nilai-nilai berikut ini dapat digunakan sebagai pilihan jika nilai baku tidak tersedia.

Apabila periode  $W_{MS}$  untuk masing-masing ditetapkan, maka waktu hijau hilang total ( $W_{HH}$ ) untuk simpang APILL untuk setiap siklus dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu-waktu antar hijau menggunakan persamaan berikut

$$W_{MS} = \sum(W_{MS} + W_K) \dots\dots\dots 2.11$$

Keterangan:

$W_{MS}$  : adalah waktu merah semua, dalam detik

$W_K$  : adalah waktu kuning, dalam detik

Panjang waktu kuning APILL dikota-kota biasanya ditetapkan 3,0 detik. Untuk simpang APILL dengan area geometri yang luas dan kurang ideal, maka sebaiknya dihitung

### 2.3.2 Waktu siklus dan waktu hijau

Waktu isyarat terdiri dari waktu siklus ( $s$ ) dan waktu hijau ( $W_H$ ). Tahap pertama adalah penentuan waktu siklus untuk sistem kendali waktu tetap yang dapat dilakukan menggunakan rumus *Webster* (1966). Rumus ini bertujuan meminimumkan tundaan total. Tahap selanjutnya adalah menetapkan waktu hijau ( $w_H$ ) pada masing-masing fase ( $i$ ). Nilai  $s$  ditetapkan menggunakan persamaan 3.3

$$s = \frac{(1.5 \times W_{HH} + 5)}{(1 - \sum R_{q/jkritis})} \dots\dots\dots 2.12$$

Keterangan :

$s$  : adalah waktu siklus, dalam detik

$W_{HH}$  : adalah jumlah waktu hijau hilang per siklus, dalam detik

$R_{q/j}$  : adalah rasio arus, yaitu arus dibagi arus jenuh,  $q/j$

$R_{q/jkritis}$  : adalah nilai  $R_{q/j}$  yang tertinggi dari semua pendekatan yang berangkat pada fase yang sama

$\sum R_{q/jkritis}$  : adalah rasio arus simpang (sama dengan jumlah semua  $R_{q/J}$  kritis dari semua fase) pada siklus tersebut.

waktu siklus yang terlalu besar akan menyebabkan meningkatnya tundaan rata-rata. Waktu siklus yang besar terjadi jika nilai  $\sum(R_{q/J}$  kritis) mendekati satu, atau jika lebih dari satu, maka simpang APILL tersebut “melampaui jenuh” dan rumus Webster akan menghasilkan nilai  $s$  yang tidak realistis karena sangat besar atau negatif.  $W_H$  ditetapkan menggunakan persamaan 3.4:

$$W_{HI} = (s - W_{HH}) \times \frac{R_{q/jkritis}}{\sum R_{q/jkritis}} \dots\dots\dots 2.13$$

Keterangan :

$W_{HI}$  : adalah waktu hijau pada fase  $i$ , detik

$i$  : adalah indeks untuk fase ke  $i$

## 2.4 Kinerja Lalu Lintas Simpang APILL

Menurut PKJI 2023, kinerja lalu lintas simpang APILL adalah ukuran tingkat pelayanan simpang bersinyal yang menunjukkan seberapa baik simpang tersebut mampu melayani arus lalu lintas pada tiap pendekatan maupun secara

keseluruhan .

Kinerja ini dinilai melalui analisis hubungan antara arus lalu lintas (Q), kapasitas (C) dan tingkat hambatan yang dialami pengguna jalan, serta hasil dari penguatan sinyal (waktu hijau, siklus, fase)

#### 2.4.1 Arus lalu lintas dan EMP

Arus lalu lintas jam perencanaan,  $q_{JP}$ , harus dihitung menggunakan nilai K yang berlaku dan LHRT yang representatif. LHRT didasarkan atas perhitungan lalu lintas menerus selama satu tahun, atau jika diprediksi, maka harus mengacu kepada ketentuan perkiraan yang berlaku.

$$q_{JP} = \text{LHRT} \times K \dots\dots\dots 2.14$$

Keterangan:

LHRT : adalah lalu lintas harian rata-rat tahunan, dinyatakan dalam smp/jam

K : adalah faktor jam perencanaan, ditetapkan dari kajian fluktuasi arus lalu lintas jam-jaman selama satu tahun. Nilai K yang dapat digunakan untuk jalan perkotaan berkisar antara 7% sampai dengan 12

Arus lalu lintas, q, dinyatakan dalam SMP/jam untuk satu atau lebih periode, misalnya pada periode jam puncak pagi, siang, atau sore. Arus lalu lintas dalam kend/jam dikonversi menjadi satuan SMP/jam menggunakan nilai EMP yang sesuai dengan masing-masing pendekatan; terlindung atau terlawan. Dalam satu pendekatan bisa terjadi dua tipe pendekatan yang berbeda dengan fase yang berbeda. Jika hal ini ditemui, maka nilai EMP yang digunakan juga menjadi dua,

sesuai tipe pendekat masing-masing fase tersebut. Nilai EMP untuk tiap jenis kendaraan pada tipe pendekat terlindung dan terlawan ditunjukkan dalam tabel

3.1 berikut:

Jenis kendaraan	EMP untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
MP	1,00	1,00
KS	1,30	1,30
SM	0,15	0,40

Tabel 2.4 nilai ekuivalensi EMP

Sumber: PKJI 2023

#### 2.4.2 Derajat Kejenuhan

Menurut PKJI 2023 Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai ukuran utama kinerja simpang bersinyal yang menunjukkan perbandingan antara arus lalu lintas (Q) yang dilayani pada suatu pendekat dengan kapasitas efektif (C) pada pendekat tersebut. Derajat kejenuhan ( $D_J$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$D_J = \frac{q}{c} \dots\dots\dots 2.15$$

Keterangan:

$D_J$  : adalah derajat kejenuhan

C : adalah kapasitas segmen jalan, dalam smp/jam

Q : adalah volume lalu lintas, dalam smp/jam, yang dalam analisis kapasitas terdiri dari dua jenis, yaitu  $q_{eksisting}$  hasil perhitungan lalu lintas  $q_{JP}$  hasil prediksi atau hasil perancangan.

### 2.4.3 Panjang antrian

Jumlah rata-rata antrian kendaraan (SMP) pada awal isyarat lampu hijau ( $N_q$ ) dihitung sebagai jumlah kendaraan terhenti (SMP) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya ( $N_{q1}$ ) ditambah jumlah kendaraan (SMP) yang datang dan terhenti dalam antrian selama fase merah ( $N_{q2}$ ), diperkirakan/dihitung menggunakan Persamaan 5-15, 5-16, dan 5-17

$$N_q = N_{q1} + N_{q2} \dots\dots\dots 2.16$$

Jika  $D_j \leq 0,5$  maka  $N_{q1} = 0$

$$D_j > 0,5 \text{ maka } N_{q1} = 0,25 \times s \times \left\{ (D_j - 1) + \sqrt{(D_j - 1)^2 + \frac{8 \times (D_j - 0,5)}{s}} \right\} \dots\dots\dots 2.17$$

$$N_{q2} = s \times \frac{(1-R_H)}{(1-R_H \times D_j)} \times \frac{q}{3600} \dots\dots\dots 2.18$$

Keterangan:

$N_{q1}$  : adalah jumlah kendaraan dalam antrian pada awal hijau

$N_{q2}$  : adalah jumlah kendaraan tersisa pada akhir hijau

$D_j$  : adalah derajat kejenuhan

s : adalah waktu siklus

Panjang antrian ( $P_A$ ) diperoleh dari perkalian  $N_q$  (SMP) dengan luas area rata-rata yang digunakan oleh satu mobil penumpang (SMP) yaitu  $20 \text{ m}^2$ , dibagi lebar masuk (m), sebagaimana Persamaan 2.19

$$P_A = N_q \times \frac{20}{L_M} \dots\dots\dots 2.19$$

Keterangan :

$P_A$  : adalah panjang antrian

$L_M$  : adalah lebar jalur masuk

$N_q$  : adalah jumlah kendaraan yang mengantre pada suatu pendekat dalam fase

#### 2.4.4 Rasio kendaraan henti

$R_{KH}$  yaitu rasio kendaraan pada pendekat yang harus berhenti akibat isyarat merah sebelum melewati suatu Simpang APILL terhadap jumlah arus pada fase yang sama pada pendekat tersebut, dihitung menggunakan Persamaan 2.20

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_q}{q \times s} \times 3600 \dots\dots\dots 2.20$$

Keterangan:

$N_q$  : adalah jumlah rata-rata antrian kendaraan (SMP) pada awal isyarat hijau

S : adalah suatu siklus, dalam detik

q : adalah arus lalu lintas dari pendekat yang ditinjau, dalam smp/jam

Jumlah rata-rata kendaraan berhenti,  $N_{KH}$ , adalah jumlah berhenti rata rata per kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu Simpang APILL, dihitung menggunakan Persamaan 2.21

$$N_{KH} = q \times R_{KH} \dots\dots\dots 2.21$$

Keterangan :

$N_{KH}$  : adalah jumlah kendaraan terhenti

$R_{KH}$  : adalah rasio kendaraan terhenti

q : adalah arus lalu lintas

## 2.5 Tundaan

Tundaan pada suatu Simpang APILL terjadi karena 2 (dua) hal, yaitu 1) tundaan lalu lintas ( $T_{LL}$ ), dan 2) tundaan geometri ( $T_G$ ). Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat i dihitung menggunakan Persamaan 2.21

$$T_i = T_{LLi} + T_{Gi} \dots\dots\dots 2.21$$

Keterangan:

$T_i$  : adalah waktu isyarat untuk fase i

$T_{LLi}$  : adalah waktu hilang total untuk fase i

$T_{Gi}$  : adalah waktu hijau total untuk fase i

Tundaan lalu lintas rata-rata pada suatu pendekat i dapat ditentukan dari persamaan berikut :

$$T_{LL} = s \times \frac{0,5 \times (1-R_H)^2}{(1-R_H \times D_J)} + \frac{N_{q1} \times 3600}{C} \dots\dots\dots 2.22$$

Keterangan:

$T_{LL}$  : adalah tundaan lalu lintas

$R_H$  : adalah rasio waktu hijau

$D_J$  : adalah derajat kejenuhan

$C$  : adalah kapasitas

$N_{q1}$  : adalah jumlah kendaraan yang mengantri pada awal fase hijau

Hasil perhitungan tidak berlaku jika  $C$  dipengaruhi oleh faktor-faktor "luar" seperti terhalangnya jalan keluar akibat kemacetan pada bagian hilir, atau pengaturan oleh polisi secara manual, atau yang lainnya. Tundaan geometri rata-rata pada suatu pendekat i dapat diperkirakan menggunakan persamaan berikut:

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_a \times 6 + (R_{KH} \times 4) \dots\dots\dots 2.23$$

Keterangan :

$P_a$  : adalah porsi kendaraan membelok pada suatu pendekat

Nilai normal  $T_G$  untuk kendaraan belok tidak berhenti adalah 6 detik dan untuk yang berhenti adalah 4 detik. Nilai normal ini didasarkan pada anggapan-anggapan, bahwa 1) kecepatan = 40 km/jam; 2) kecepatan belok tidak berhenti = 10 km/jam; 3) percepatan dan perlambatan = 1,5 m/det<sup>2</sup>; 4) kendaraan berhenti

melambat untuk meminimumkan tundaan, sehingga menimbulkan hanya tundaan percepatan.

## **2.6 Level of Service (LOS)**

Mengklasifikasikan tingkat pelayanan Level Of Service (LOS) menjadi beberapa kategori:

- Tingkat A : Kondisi lalu lintas ideal, dengan kecepatan tinggi dan tundaan rendah
- Tingkat B hingga F : Menggambarkan kondisi yang semakin memburuk, dengan tundaan yang meningkat di setiap lengannya

### **2.6.1 Target tingkat pelayanan**

Berdasarkan klasifikasi jalan (arteri, kolektor, lokal, atau jalan tol). Ada target tingkat pelayanan minimum yang harus dipenuhi contohnya:

- Jalan arteri primer harus memiliki tingkat pelayanan sekurang-kurangnya B
- Jalan tol harus memiliki tingkat pelayanan sekurang-kurangnya B
- Jalan lokal primer harus memiliki tingkat pelayanan sekurang-kurangnya C

Penetapan tingkat pelayanan suatu ruas jalan dilakukan oleh Direktur Jenderal, Gubernur, Bupati, atau Walikota sesuai kewenangannya.