

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Persimpangan**

Menurut Morlok (1991), persimpangan merupakan daerah pertemuan dua atau lebih ruas jalan, bergabung, berpotongan atau bersilang. Persimpangan juga dapat disebut sebagai pertemuan antara dua jalan atau lebih, baik sebidang maupun tidak sebidang atau titik jaringan jalan di mana jalan-jalan bertemu dan lintasan jalan saling berpotongan.

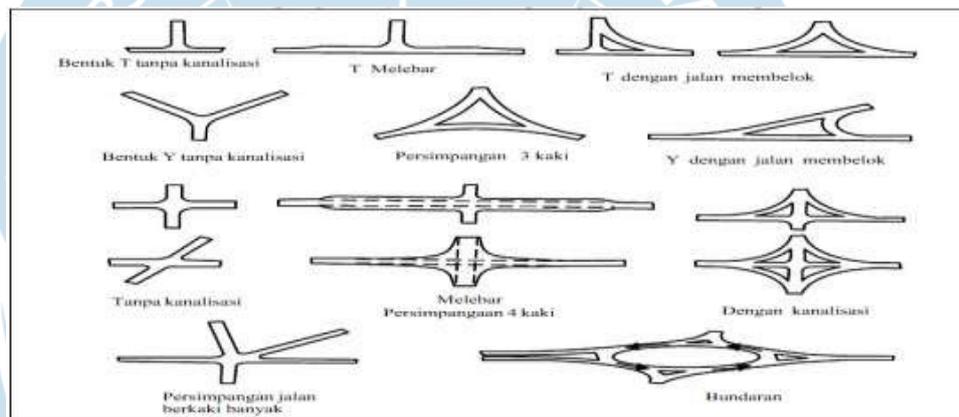
Dalam perencanaan persimpangan harus dirancang dengan hati-hati, dengan mempertimbangkan efisiensi, keselamatan, kecepatan, biaya operasi, dan kapasitas. Sebab persimpangan dimanfaatkan bersama-sama oleh setiap orang yang ingin menggunakannya. Persimpangan dibuat untuk tujuan mengurangi potensi konflik di antara kendaraan (termasuk pejalan kaki) dan sekaligus memberikan kenyamanan maksimum dan kemudahan pergerakan dalam kendaraan (Khisty, 2003).

##### **2.1.1 Jenis-Jenis Persimpangan**

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997) pemilihan jenis simpang untuk suatu daerah sebaiknya berdasarkan pertimbangan ekonomi, pertimbangan keselamatan lalu lintas, dan pertimbangan lingkungan.

Menurut Morlok (1991), jenis simpang berdasarkan bentuknya dibagi menjadi dua macam jenis persimpangan, yaitu:

1. pertemuan atau persimpangan jalan sebidang, merupakan pertemuan dua ruas jalan atau lebih secara sebidang (tidak saling bersusun). Pertemuan jalan sebidang ada 4 macam, yaitu : pertemuan atau persimpangan bercabang, pertemuan atau persimpangan bercabang, pertemuan atau persimpangan bercabang banyak, dan bundaran (*rotary intersection*),



Gambar 2.1 Persimpangan Jalan Sebidang  
(Sumber : Morlok, E.K, 1991)

2. pertemuan atau persimpangan jalan tidak sebidang, merupakan persimpangan di mana dua ruas jalan atau lebih saling bertemu tidak dalam satu bidang tetapi salah satu ruas berada di atas atau di bawah ruas jalan yang lain.

Menurut Morlok (1991), jenis simpang berdasarkan cara pengaturannya dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu:

1. simpang bersinyal, yaitu simpang yang mengharuskan pengguna jalan yang akan melewati simpang harus mengikuti sinyal sesuai dengan

pengoprasiannya. Sehingga pengguna jalan hanya boleh lewat pada saat sinyal lalu lintas menunjukkan warna hijau pada lengan simpangnya,

2. simpang tak besinyal, yaitu simpang yang tidak memakai sinyal. Pada simpang ini pemakai harus memutuskan apakah mereka sudah cukup aman untuk melewati simpang atau harus berhenti dahulu sebelum melewati simpang.

## 2.2 Lampu Lalu Lintas

Menggunakan lampu lalu lintas merupakan suatu metode yang penting dan efektif dalam mengatur lalu lintas pada persimpangan. Menurut 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 arus lalu lintas dapat melewati persimpangan dengan aman dan efisien.

Oglesby (1999) menyatakan bahwa setiap pemasangan lampu lalu lintas bertujuan untuk memenuhi satu atau lebih fungsi-fungsi yang terdapat di bawah ini:

1. mendapatkan gerakan lalu lintas yang teratur,
2. meningkatkan kapasitas lalu lintas pada perempatan jalan,
3. mengurangi frekuensi jenis kecelakaan tertentu,
4. mengkoordinasikan lalu lintas di bawah kondisi jarak sinyal yang cukup baik, sehingga aliran lalu lintas tetap berjalan menerus pada kecepatan tertentu,
5. memutuskan arus lalu lintas tinggi agar memungkinkan adanya penyebrangan kendaraan lain atau pejalan kaki,

6. mengatur penggunaan jalur lalu lintas,
7. sebagai pengendali ramp pada jalan masuk menuju jalan bebas hambatan (*entrance freeway*),
8. memutuskan arus lalu lintas bagi lewatnya kendaraan darurat (*ambulance*) atau pada jembatan gerak.

Di lain pihak, 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. mengurangi frekuensi kecelakaan, terutama tumbukan bagian belakang kendaraan dengan pejalan kaki.

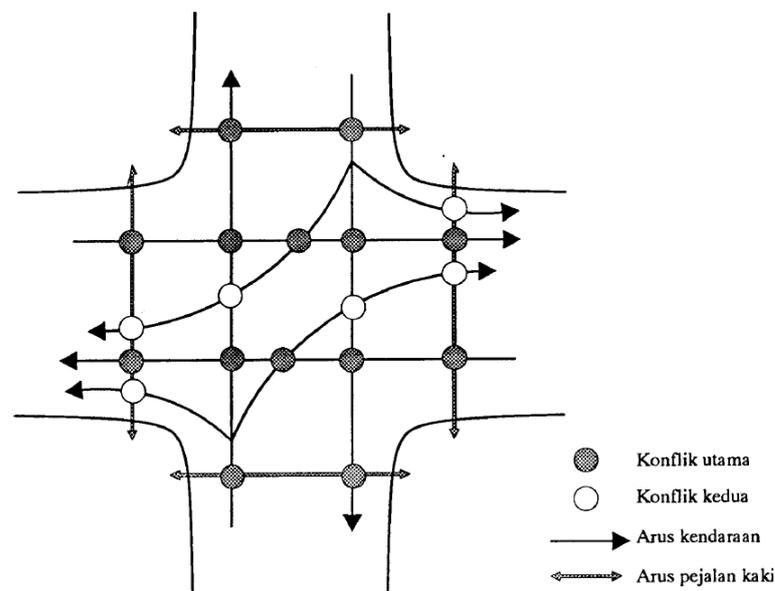
### **2.2.1 Karakteristik Sinyal Lalu Lintas**

Karakteristik sinyal lalu lintas mengacu pada kapasitas dan perilaku lalu lintas, terutama untuk fungsi, keadaan geometrik, dan tuntutan lalu lintas. Di mana perilaku lalu lintas sendiri meliputi.

1. panjang antrian,
2. rasio kendaraan terhenti,
3. tundaan.

Dengan terdapatnya sinyal lalu lintas maka kapasitas dapat didistribusikan ke berbagai pendekatan melalui penerapan siklus waktu hijau pada masing masing pendekat. (MKJI, 1997).

Sinyal yang dipakai di Indonesia, mengacu pada pola yang digunakan oleh Amerika Serikat, yaitu merah, kuning, dan hijau. Pola sinyal tersebut dibedakan untuk menghindari konflik dan untuk memisahkan lintasan dari gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu. Pola tersebut perlu dilakukan pada gerakan-gerakan lalu lintas yang datang pada jalan yang berpotongan (konflik utama). Selain itu juga sinyal dapat digunakan untuk memisahkan gerakan berbelok dari lalu lintas lurus melawan, atau memisahkan gerakan berbelok dari pejalan kaki yang menyebrang (konflik kedua). Adapun penjelasan pada Gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 Konflik pada Simpang Bersinyal Empat Lengan  
Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, (MKJI, 1997)

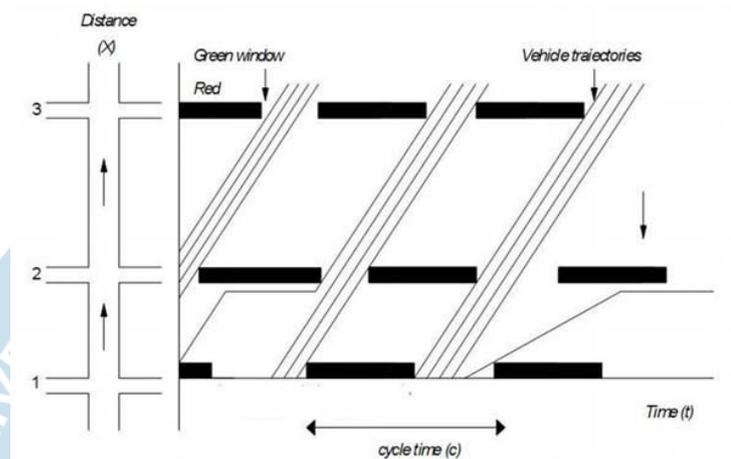
Menurut MKJI (1997), pada dasarnya penggunaan sinyal lampu lalu lintas pada suatu simpang digunakan untuk beberapa alasan berikut:

1. untuk menghindari terjadinya kemacetan pada simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas, sehingga kapasitas suatu simpang dapat dipertahankan, bahkan pada kondisi lalu lintas pada jam puncak,
2. untuk memberikan kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan samping (kecil) supaya dapat memotong memotong jalan utama,
3. untuk menurunkan jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan dari arah yang bertentangan atau pada konflik-konflik pada Gambar 2.2.

### **2.3 Koordinasi Simpang Bersinyal**

Koordinasi sinyal antar simpang diperlukan untuk mengoptimalkan kapasitas jaringan jalan karena dengan diberlakukannya koordinasi sinyal antar simpang diharapkan tundaan (*delay*) yang dialami oleh kendaraan dapat berkurang dan menghindarkan antrian kendaraan yang panjang. Kendaraan yang telah bergerak meninggalkan satu simpang diupayakan untuk tidak mendapati sinyal merah pada simpang berikutnya, sehingga kendaraan dapat berjalan terus dengan kecepatan normal. Sistem sinyal terkoordinasi mempunyai indikasi sebagai salah satu bentuk manajemen transportasi yang dapat memberikan keuntungan berupa efisiensi biaya operasional (Arouffy, (2002).

Menurut Taylor dkk (1996), koordinasi antar simpang bersinyal merupakan salah satu jalan yang dapat menurunkan tundaan dan antrian. Prinsip koordinasi simpang bersinyal menurut Taylor ditunjukkan dalam Gambar 2.3



Gambar 2.3 Prinsip Koordinasi Sinyal dan *Green Wave*  
 Sumber : Taylor dkk (1996), *Understanding Traffic System*

Pada Gambar 2.3 di atas, terdapat hal-hal yang perlu untuk diperhatikan dalam menerapkan koordinasi sinyal, yaitu:

1. waktu siklus pada sinyal setiap simpang diupayakan sama, hal ini dikarekakan untuk mempermudah dalam menentukan selisih nyala sinyal hijau dari simpang yang satu dengan simpang selanjutnya,
2. sebaiknya pola pengaturan simpang yang digunakan adalah *fixed time signal*, sehingga koordinasi sinyal dapat 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 di mana semua indikasi sinyal berganti pada waktu yang sama, tetapi sinyal atau kelompok sinyal pada simpang di dekatnya 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 di antara sinyal-sinyal tetapi juga memungkinkan panjang siklus dan pengambilan siklus pada interval di sepanjang hari.

### 2.3.1 Syarat Koordinasi Sinyal

Pada situasi di mana terdapat beberapa sinyal yang mempunyai jarak cukup dekat, diperlukannya koordinasi sinyal yang dapat membuat kendaraan bergerak secara efisien melalui kumpulan sinyal-sinyal tersebut. Pada umumnya, kendaraan yang keluar dari suatu sinyal akan tetap mempertahankan grupnya hingga berikutnya. Jarak di mana kendaraan akan tetap mempertahankan grupnya adalah sekitar 300 meter (McShane dan Roess, 1990). Untuk menkoordinasikan beberapa sinyal, terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi, 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) dan juga dapat digunakan untuk jaringan jalan yang berbentuk grid,

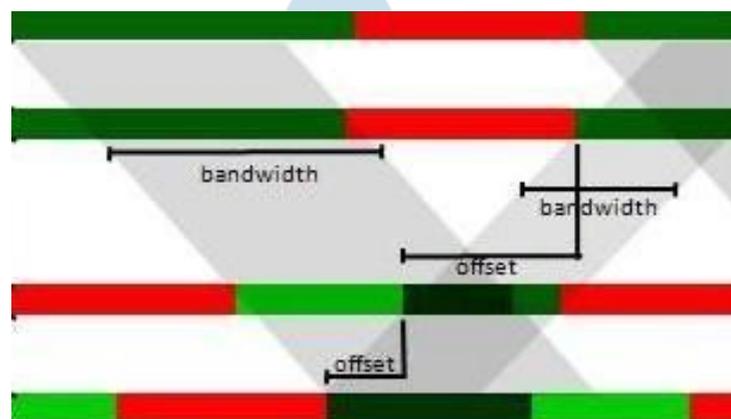
4. terdapat sekelompok kendaraan (*platoon*) sebagai akibat lampu lalu lintas di bagian hulu.

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

### 2.3.2 *Offset dan Bandwidth*

*Offset* adalah perbedaan waktu antara dimulainya sinyal hijau pada simpang pertama dan awal hijau pada simpang berikutnya (Papacostas, 2005). Waktu *offset* dapat dihitung dengan diagram koordinasi. Namun, waktu *offset* juga dapat digunakan dalam memulai bentuk lintasan koordinasi.

Sedangkan untuk *bandwidth* adalah perbedaan waktu dalam lintasan paralel sinyal hijau antara lintasan pertama dan lintasan terakhir (Papacostas, 2005). Keduanya berada dalam kecepatan yang konstan dan platoon yang tidak terganggu oleh sinyal merah sama sekali. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Offset dan Bandwidth* dalam Diagram Koordinasi  
(Sumber : Papacostas, 2005)

### 2.3.3 Keuntungan dan Efek Negatif Sistem Terkoordinasi

Menurut Pedoman Sistem Pengendalian Lalu Lintas Terpusat No.AJ401/1/7/1991 Keputusan Direktur Jendral Perhubungan Darat, sistem lalu lintas terkoordinasi mempunyai hal yang perlu untuk diperhatikan dalam mengkoordinasikan lalu lintas dalam perkotaan, diantaranya adalah keuntungan dan efek negatif pada penerapan sistem koordinasi tersebut. Dalam penerapan sistem pengaturan lalu lintas yang terkoordinasi mempunyai beberapa keuntungan, yaitu:

1. diperolehnya waktu perjalanan total yang lebih singkat untuk kendaraan kendaraan dengan karakteristik tertentu,
2. diperolehnya penurunan polusi udara dan suara,
3. diperolehnya penurunan konsumsi energi bahan bakar,
4. diperolehnya penurunan angka kecelakaan.

Selain keuntungan-keuntungan tersebut, dalam penerapan sistem pengaturan lalu lintas yang terkoordinasi juga memiliki efek negatif yang perlu diperhatikan juga, antara lain:

1. memiliki kemungkinan akan terjadinya waktu perjalanan yang lebih panjang bagi lalu lintas kendaraan yang memiliki karakteristik operasinya berbeda dengan karakteristik operasi kendaraan yang diatur oleh sistem yang terkoordinasi,
2. manfaat yang didapatkan dengan penerapan sistem terkoordinasi akan berkurang jika mempertimbangkan jenis lalu lintas lain seperti: pejalan kaki, sepeda, dan angkutan umum. Umumnya, untuk memperoleh keuntungan lebih besar akan didapatkan apabila sistem ini diterapkan pada

jaringan arteri utama dibandingkan dengan jaringan jalan yang mempunyai banyak hambatan.

#### **2.4 Konsep Dasar Koordinasi Lampu Lalu Lintas**

Menurut Pedoman Sistem Pengendalian Lalu Lintas Terpusat No.AJ401/1/7/1991 Keputusan Direktur Jendral Perhubungan Darat, dasar dari pendekatan perencanaan koordinasi pengaturan lalu lintas sepanjang suatu jalan arteri bahwa kendaraan yang melintasi suatu jalan akan melaju dengan bentuk iring-iringan dari simpang pertama ke simpang berikutnya. Interval waktu dan lama lampu hijau menyala di satu simpang dan di simpang berikutnya dapat ditentukan, sehingga kendaraan yang melaju dari satu simpang ke simpang berikutnya tersebut dapat melaju tanpa hambatan sepanjang jalan yang lampu pengatur lalu lintasnya terkoordinasikan.

##### **2.4.1 Koordinasi Pada Jalan Satu Arah dan Jalan Dua Arah**

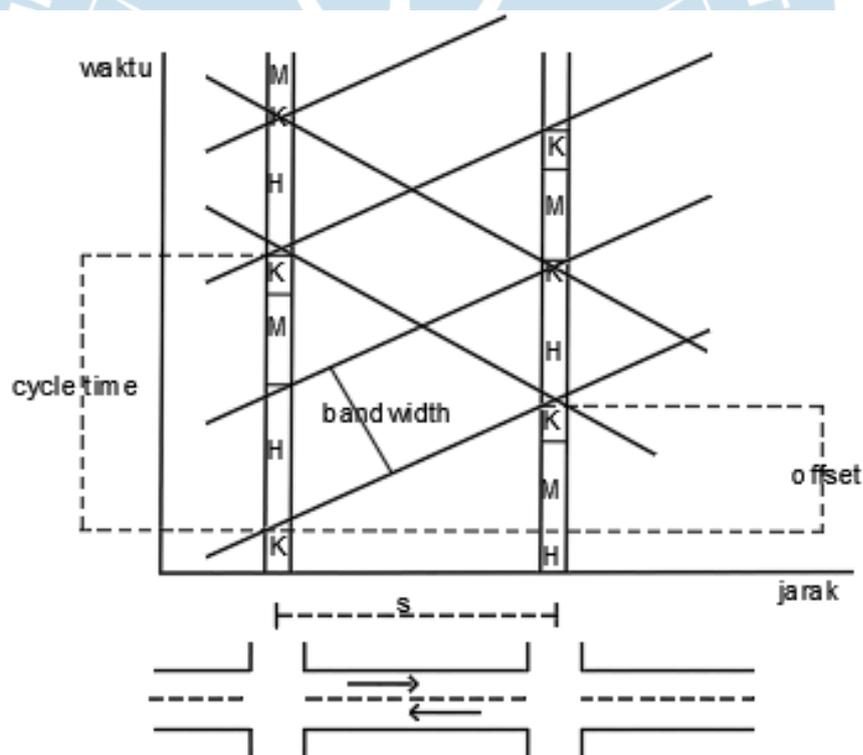
Bentuk yang paling sederhana dalam koordinasi pengaturan lampu lalu lintas ialah koordinasi pada jalan satu arah, karena tidak terdapatnya lalu lintas yang dapat masuk ke dalam ruas jalan tersebut di antara dua persimpangan. Lampu pengatur lalu lintas untuk penyebrangan pejalan kaki pada jalan tersebut diatur dengan sedemikian rupa, sehingga arus lalu lintas kendaraan yang bergerak dengan kecepatan tertentu seperti tidak mengalami hambatan.

Kesulitan pertama akan muncul ketika jalan tersebut melayani lalu lintas dua arah. Apabila pengaturan dalam penyebrangan jalan diatur menurut parameter

pergerakan lalu lintas pada lalu lintas satu arah, maka akan berdampak kerugian bagi jalan yang berlawanan arah, kecuali apabila lokasi penyebrangan berada pada tengah-tengah ruas jalan tersebut.

#### 2.4.2 Diagram Waktu dan Jarak

Konsep koordinasi pengaturan lalu lintas umumnya digambarkan dalam bentuk diagram waktu dan jarak (*time distance diagram*) hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.5. diagram waktu dan jarak merupakan visualisasi dua dimensi dari beberapa simpang yang terkoordinasi sebagai fungsi jarak dan pola indikasi lampu lalu lintas pada setiap simpang yang bersangkutan sebagai fungsi waktu.



Gambar 2.5 Diagram Waktu dan Jarak

Sumber: Pedoman Sistem Pengendalian Lalu Lintas Terpusat No.AJ401/1/7/1991

### 2.4.3 Metode Koordinasi Lampu Lalu Lintas

Terdapat tiga pola pengaturan waktu, yaitu:

1. pola pengaturan waktu tetap (*fixed time control*). Pola pengaturan waktu yang diterapkan hanya ada satu, tidak berubah. Pola pengaturan tersebut adalah pola pengaturan yang cocok untuk kondisi jalan atau jaringan jalan yang terkoordinasi. Pola pengaturan tersebut ditetapkan berlandaskan data dan kondisi pada jalan atau jaringan jalan bersangkutan,
2. pola pengaturan waktu berubah berdasarkan kondisi lalu lintas. Pola pengaturan waktu yang diterapkan tidak hanya satu tetapi diubah menyesuaikan dengan kondisi lalu lintas yang ada. Biasanya terdapat tiga pola yang diterapkan secara umum berdasarkan dengan kondisi lalu lintas sibuk pagi (*morning peak condition*), kondisi sibuk sore (*evening peak condition*), kondisi sibuk sore (*off peak condition*),
3. pola pengaturan waktu berubah sesuai kondisi lalu lintas (*traffic responsive system*). Pola pengaturan waktu yang diterapkan dapat berubah setiap waktu sesuai dengan perkiraan kondisi lalu lintas yang terjadi pada waktu yang bersangkutan. Pola tersebut ditetapkan dengan perkiraan kedatangan kendaraan yang dilakukan beberapa saat sebelum penerapannya.