

BAB III

KAJIAN PUSTAKA

3.1 Aspek Legalitas

Aspek Legalitas mencakup peraturan-peraturan maupun kebijakan pemerintah dalam pelaksanaan dan perencanaan serta pembangunan lalu lintas, baik pada ruas jalan maupun pada persimpangan.

Dalam Skripsi ini peraturan-peraturan maupun kebijakan yang tercakup dalam aspek legalitas yang digunakan, antara lain:

3.1.1 Jalan

Menurut UU No. 22 Tahun (2009) Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, Jalan adalah seluruh bagian Jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi Lalu Lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, sertadi atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel.

Menurut fungsinya jalan terbagi menjadi 3 (tiga) antara lain sebagai berikut:

1. Jalan Arteri adalah jalan yang melayani angkutan utamadengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
2. Jalan Kolektor adalah yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

3.1.2 Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas

Penjelasan tentang pengertian Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas terdapat pada beberapa peraturan, yaitu:

1. Undang-Undang Republik Indonesia No. 22 Tahun (2009), tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan;
 - a. Manajemen dan rekayasa lalu lintas dilaksanakan untuk mengoptimalkan penggunaan jaringan jalan dan gerakan lalu lintas dalam rangka menjamin keamanan, keselamatan, ketertiban, dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan (Pasal 93).
 - b. Kegiatan perekayasaan meliputi Pasal 94 Ayat (3)
 - c. Perbaikan geometrik ruas jalan dan atau persimpangan serta perlengkapan jalan yang tidak berkaitan langsung dengan pengguna jalan;
 - d. Pengadaan, pemasangan, perbaikan dan pemeliharaan perlengkapan jalan yang berkaitan langsung dengan pengguna jalan;
 - e. Optimalisasi operasional rekayasa lalu lintas dalam rangka meningkatkan ketertiban, kelancaran dan efektivitas penegakan hukum.
2. Peraturan Pemerintah No. 32 Tahun (2011) tentang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas ;
 - a. Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas adalah serangkaian usaha dan kegiatan yang meliputi perencanaan, pengadaan, pemasangan, pengaturan, dan pemeliharaan fasilitas perlengkapan jalan dalam rangka mewujudkan, mendukung dan memelihara keamanan, keselamatan, ketertiban, dan kelancaran lalu lintas (Pasal 1).
 - b. Manajemen dan rekayasa lalu lintas meliputi kegiatan:
(Pasal 3)
 - 1) Perencanaan;
 - 2) Pengaturan;
 - 3) Perekayasaan;
 - 4) Pemberdayaan, dan;
 - 5) Pengawasan.

3. Keputusan Menteri Perhubungan No. 14 Tahun (2006) tentang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan. Penyusunan rencana dan program pelaksanaan perwujudan manajemen dan rekayasa lalu lintas (Pasal 12) meliputi antara lain :
 - a. Penentuan tingkat pelayanan yang diinginkan pada setiap ruas jalan dan persimpangan;
 - b. Usulan pemecahan permasalahan lalu lintas yang ditetapkan pada setiap ruas jalan dan persimpangan;
 - c. Usulan pengadaan dan pemasangan serta pemeliharaan perlengkapan jalan;
 - d. Usulan penyuluhan kepada masyarakat.

3.1.3 Persimpangan

Penjelasan tentang pengertian Persimpangan terdapat pada beberapa peraturan, yaitu :

1. Undang-Undang Republik Indonesia No. 22 Tahun (2009) tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan
 - a. Pada persimpangan jalan yang dilengkapi alat pemberi isyarat lalu lintas, pengemudi kendaraan dilarang langsung berbelok kiri, kecuali ditentukan lain oleh rambu lalu lintas atau alat pemberi isyarat lalu lintas (Pasal 112 Ayat 3).
 - b. Jika persimpangan dilengkapi dengan alat pengendali Lalu Lintas yang berbentuk bundaran, pengemudi harus memberikan hak utama kepada kendaraan lain yang datang dari arah kanan (Pasal 113 Ayat 3).
2. Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun (1993) tentang Prasarana Jalan dan Lalu Lintas Jalan;

Persimpangan adalah pertemuan atau percabangan jalan, baik sebidang maupun yang tidak sebidang (Pasal 1).

3.1.4 Tingkat Pelayanan Persimpangan

Berdasarkan Peraturan Menteri No. 96 Tahun (2015) tentang pedoman Kegiatan Manajemen Rekayasa Lalu Lintas. Tingkat pelayanan pada persimpangan diklasifikasikan atas:

1. Tingkat pelayanan A, dengan kondisi tundaan kurang dari 5 detik per kendaraan.
2. Tingkat pelayanan B, dengan kondisi tundaan lebih dari 5 detik sampai 15 detik per kendaraan.
3. Tingkat pelayanan C, dengan kondisi tundaan lebih dari 15 detik sampai 25 detik per kendaraan.
4. Tingkat pelayanan D, dengan kondisi tundaan lebih dari 25 detik sampai 40 detik per kendaraan.
5. Tingkat pelayanan E, dengan kondisi tundaan lebih dari 40 detik sampai 60 detik per kendaraan.
6. Tingkat pelayanan F, dengan kondisi tundaan lebih dari 60 detik per kendaraan.

Adapun acuan lain untuk menentukan tingkat pelayanan persimpangan selain menggunakan PM No. 96 Tahun (2015) adalah menggunakan acuan perhitungan menurut (Binamarga 1997) dimana tingkat pelayanan didapatkan dengan dengan melihat waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melewati suatu simpang dibandingkan terhadap situasi tanpa simpang atau disebut dengan Tundaan (*Delay*). Kriteria tingkat pelayanan untuk simpang bersinyal dapat dilihat pada Tabel III.1 dibawah ini.

Tabel III. 1 Tingkat Pelayanan Persimpangan

Tingkat Pelayanan	Tundaan (Delay)(det/kend)
A	$\leq 5,0$
B	5,1 - 15
C	15,1 - 25
D	25,1 - 40

Tingkat Pelayanan	Tundaan (Delay)(det/kend)
E	40,1 - 60
F	≥ 60

Sumber: (Binamarga 1997)

1. Tingkat pelayanan A artinya pergerakan yang lancar/sangat baik dan sebagian besar kendaraan tiba pada saat lampu hijau.
2. Tingkat pelayanan B artinya pergerakan baik, kendaraan yang berhenti pada tingkat ini lebih banyak dari kendaraan pada LOS A.
3. Tingkat pelayanan C artinya pergerakan yang kurang baik dan waktu siklus yang lebih panjang. Jumlah kendaraan yang berhenti sangat berpengaruh pada tingkat ini, walaupun masih banyak kendaraan yang melewati persimpangan ini.
4. Tingkat pelayanan D artinya pergerakan yang buruk dan pengaruh kemacetan lebih terlihat pada tingkat ini. Akibat dari waktu siklus yang panjang atau rasio kendaraan yang tinggi dan rasio kendaraan henti menurun.
5. Tingkat pelayanan E artinya pergerakan yang buruk akibat dari nilai tundaan yang tinggi, biasanya menunjukan nilai waktu siklus yang panjang dan rasio kendaraan yang tinggi.
6. Tingkat Pelayanan F artinya kondisi macet total atau ketika arus kedatangan melebihi kapasitas dari persimpangan tersebut.

3.1.5 Pengendalian Persimpangan

Penjelasan tentang pengertian Pengendalian Persimpangan terdapat pada beberapa peraturan, yaitu :

1. Peraturan Pemerintah No. 79 tahun (1993) tentang Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas sebagaimana dimaksud dalam Pasal 26 terdiri atas:
 - a. lampu tiga warna, untuk mengatur kendaraan;
 - b. lampu dua warna, untuk mengatur kendaraan dan/atau Pejalan Kaki; dan
 - c. lampu satu warna, untuk memberikan peringatan bahaya kepada Pengguna Jalan.

2. Peraturan Pemerintah No. 32 Tahun (2011) tentang Manajemen dan Rekayasa, Analisis Dampak, serta Manajemen Kebutuhan Lalu Lintas. "Mengendalikan lalu lintas di ruas jalan tertentu dan persimpangan antara lain dilakukan melalui penerapan alat pemberi isyarat lalu lintas, sistem alat pemberi isyarat lalu lintas terkoordinasi (*Area Traffic Control System*), bundaran dan pemanfaatan teknologi untuk kepentingan lalu lintas (*Intelligent Transport System*) (Pasal 61 huruf a).
3. Surat Keputusan Dirjen Perhubungan Darat Tahun 1991 tentang Pedoman Sistem Pengendalian Lalu Lintas Terpusat. Dasar pendekatan dari perencanaan sistem terkoordinasi pengaturan lalu lintas sepanjang suatu jalan arteri adalah bahwa kendaraan-kendaraan yang lewat jalan tersebut akan melaju dalam bentuk iring-iringan dari satu simpang ke simpang berikutnya. Berdasarkan kecepatan gerakan iring-iringan tersebut, interval lampu dan lama lampu hijau menyala di satu simpang dan di simpang berikutnya dapat ditentukan sehingga iring-iringan tersebut dapat melaju terus tanpa hambatan sepanjang jalan yang lampu pengaturan lalu lintasnya terkoordinasikan. Untuk mengkoordinasikan beberapa sinyal, diperlukan beberapa syarat yang harus dipenuhi, yaitu :
 - a. Semua sinyal harus mempunyai panjang waktu siklus (*cycle time*) yang sama;
 - b. Umumnya digunakan pada jaringan jalan utama (arteri, kolektor) dan juga dapat digunakan untuk jaringan jalan yang berbentuk rigid;
 - c. Terdapat sekelompok kendaraan (*platoon*) sebagai akibat lampu lalu lintas di bagian hulu.

Selain itu, fungsi sistem koordinasi sinyal adalah untuk mengikuti volume lalu lintas maksimum untuk melewati simpang tanpa berhenti dengan mulai waktu hijau (*green periode*) pada simpang berikutnya mengikuti kedatangan kelompok (*platoon*).

3.2 Aspek Teoritis

Selain aspek legalitas yang didalamnya terdapat peraturan – peraturan yang terkait, juga perlu ditambahkan aspek teoritis yang merupakan teori – teori yang bersangkutan berupa pendapat para ahli dan lainnya. Oleh karena itu, baik itu aspek legalitas maupun aspek teoritis dapat mendukung proses penelitian ini.

3.2.1 Persimpangan

Berdasarkan pada Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun (1993) tentang Prasarana Jalan dan Lalu Lintas Jalan, Persimpangan adalah pertemuan atau percabangan jalan, baik sebidang maupun yang tidak sebidang (Pasal 1).

Menurut Jotin Khisty dan B. Kent Call (2005), persimpangan merupakan bagian yang tiak terpisah dari sesuai sistem jalan. Persimpangan jalan dapat didefinisikan sebagai daerah umum dimana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas di dalamnya.

Menurut Hobbs (1995), persimpangan jalan merupakan simpul transportasi yang terbentuk dari beberapa pendekat dimana arus kendaraan dari beberapa pendekat tersebut bertemu dan memencar meninggalkan persimpangan.

3.2.2 Pengendalian Persimpangan

Pemilihan metode pengendalian tergantung pada besarnya arus lalu lintas dan keselamatan. Terkadang lampu lalu lintas digunakan pada Simpang Prioritas Lalu Lintas, tapi bukan merupakan teknik yang baku, hanya digunakan pada kasus-kasus tertentu saja. Ada 3 cara pengendalian yaitu :

1. Persimpangan Prioritas

Persimpangan prioritas adalah salah satu metode pengendalian yang sering digunakan. Hak penggunaan jalan pada persimpangan prioritas harus ditunjukkan dengan jelas dengan marka dan rambu. Pada umumnya jalan utama mempunyai prioritas. Jika arus besar

berada pada jalan kecil atau minor, atau jika jalan utama tidak lurus maka aspek efisiensi dan keselamatan perlu mendapat pertimbangan.

2. Persimpangan dengan Lampu Pengatur Lalu Lintas

Lampu pengatur lalu lintas digunakan pada hampir semua persimpangan di daerah *CBD (Central Business District)*, dan pada sebagian besar persimpangan jalan utama atau jalan kecil di daerah pinggiran kota. Perubahan persimpangan prioritas ke persimpangan yang diatur dengan isyarat lampu biasanya karena alasan penurunan *delay* dan kecelakaan.

Kapasitas pada persimpangan yang diatur dengan isyarat lampu lalu lintas dapat ditingkatkan dengan cara:

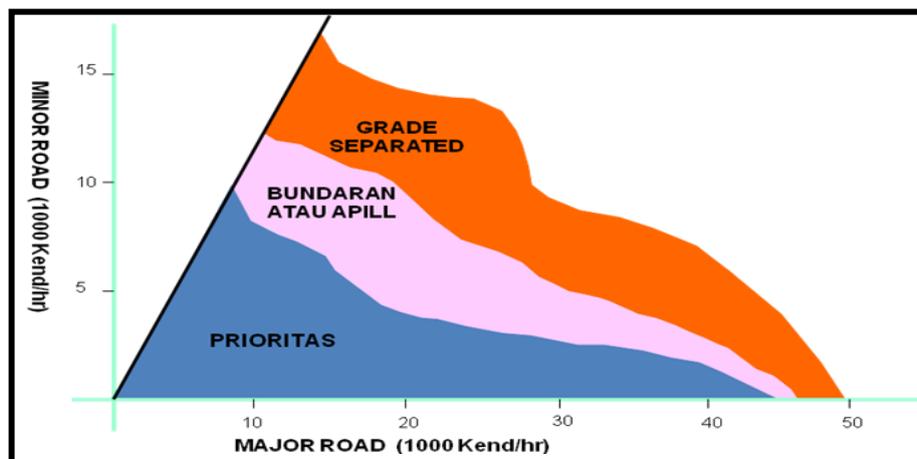
- a. Menetapkan waktu siklus yang optimal;
- b. Menetapkan susunan fase yang optimal;
- c. Meningkatkan kapasitas jalan terutama pada kaki masuk persimpangan dan menyediakan lajur untuk gerakan yang membelok dan tempat penumpukan;
- d. Mengkoordinasikan persimpangan-persimpangan yang diatur dengan lampu lalu lintas;
- e. Menentukan sistem pengaturan yang optimum terhadap arus pejalan kaki.

3. Bundaran

Bundaran lalu lintas merupakan alternatif terhadap isyarat lampu lalu lintas. Metode ini sangat bermanfaat di Indonesia jika direncanakan berdasarkan sistem pengaturan Bundaran konvensional dengan daerah persilangan yang dapat menambah pilihan cara untuk menghasilkan *delay* yang lebih kecil jika dibandingkan dengan lampu lalu lintas. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kapasitas Bundaran lalu lintas adalah:

- a. Memperlebar jalan masuk dan keluar persimpangan;
- b. Menambah panjang dan lebar daerah persilangan.

Dalam sistem pengendalian persimpangan dapat menggunakan pedoman pada gambar penentuan pengendalian persimpangan yang digunakan berdasarkan volume lalu lintas pada masing-masing kaki simpanganya, metode pengendalian pergerakan kendaraan pada persimpangan diperlukan agar kendaraan-kendaraan yang melakukan gerakan tidak akan saling bertabrakan. Berikut gambar penentuan pengendalian persimpangan, dapat dilihat pada gambar III.1



Sumber: (Direktorat Jenderal Bina Marga 1997)

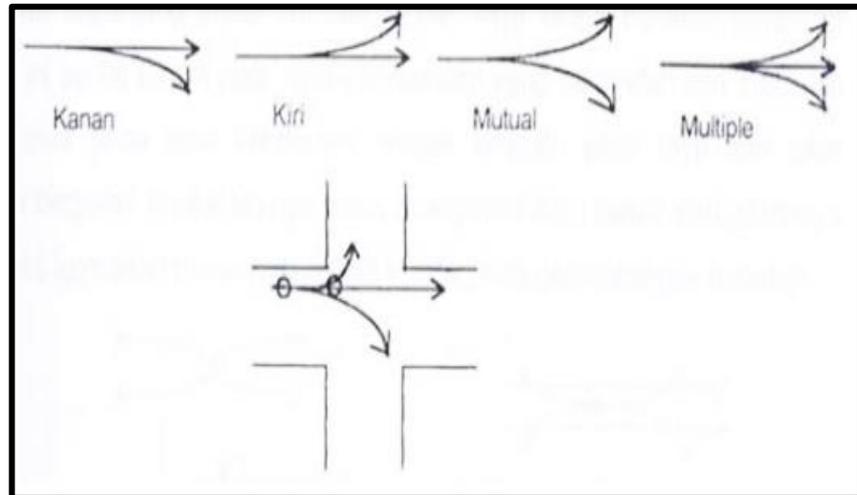
Gambar III. 1 Kriteria penentuan pengaturan simpang

4. Titik Konflik

Menurut Christy (2003), Persimpangan dibuat dengan tujuan untuk mengurangi potensi konflik diantara kendaraan (termasuk pejalan kaki) dan sekaligus menyediakan kenyamanan maksimum dan kemudahan pergerakan bagi kendaraan. Persimpangan juga dapat diartikan sebagai daerah umum dimana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan fasilitas didalamnya (AASHTO 2001). Menurut Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas dan Angkutan Kota, 1999 Secara umum pergerakan kendaraan di persimpangan dapat dibedakan menjadi 4 jenis dasar dari alih gerak kendaraan antara lain:

- a. *Diverging* (Berpencar)

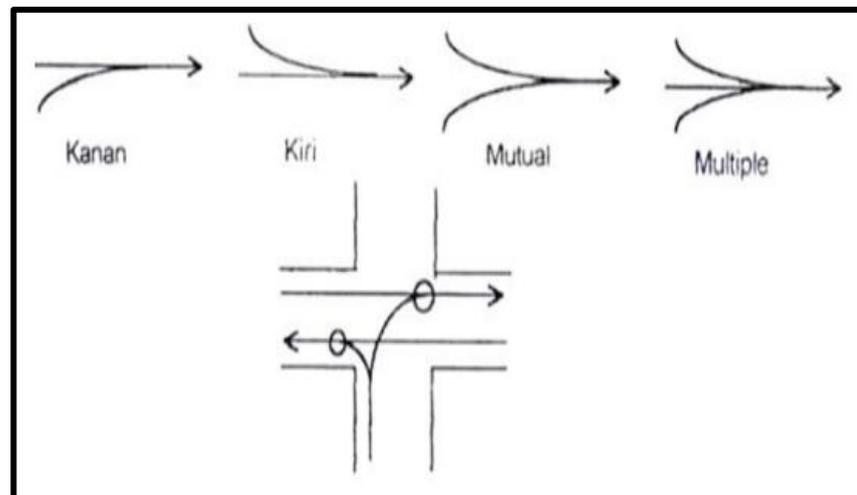
Diverging adalah peristiwa memisahkannya kendaraan dari suatu arus yang sama ke jalur lain.



Gambar III. 2 *Diverging* (Berpencar)

b. *Merging* (Menggabung)

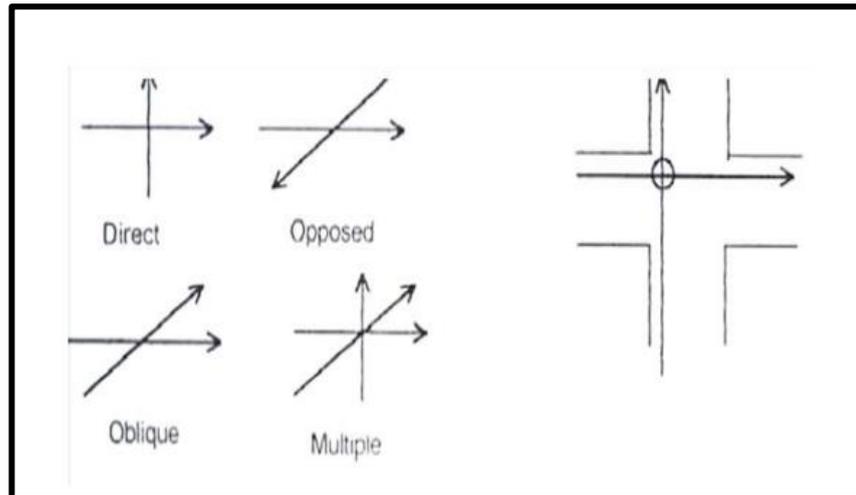
Merging adalah peristiwa menggabungkannya kendaraan dari suatu jalur ke jalur yang lain.



Gambar III. 3 *Merging* (Menggabung)

c. *Crossing* (Berpotongan)

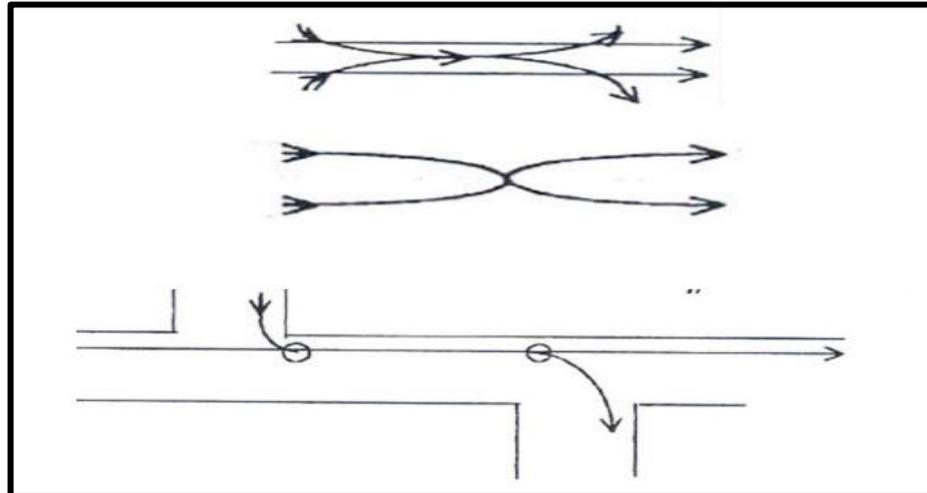
Crossing adalah peristiwa perpotongan antara arus kendaraan dari satu jalur ke jalur yang lain pada persimpangan dimana keadaan yang demikian akan menimbulkan titik konflik pada persimpangan tersebut.



Gambar III. 4 *Crossing* (Berpotongan)

d. *Weaving* (Menggabung lalu berpencar)

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



Gambar III. 5 *Weaving* (Menggabung lalu berpencar)

Dari keempat alih gerak tersebut, alih gerak yang berpotongan adalah lebih berbahaya dari pada alih gerak yang lain. Hal ini karena pada alih gerak yang berpotongan terjadi konflik.

Adapun jumlah konflik pada suatu persimpangan adalah tergantung pada:

- 1) Jumlah kaki persimpangan;
- 2) Jumlah arah pergerakan;
- 3) Jumlah lajur dari setiap kaki persimpangan;
- 4) Sistem pengendalian persimpangan.

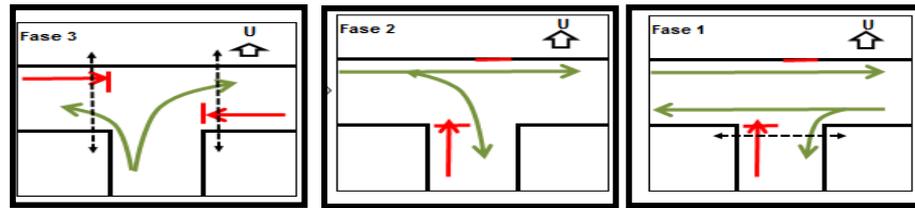
3.2.3 Simpang Bersinyal (Persimpangan dengan Lampu Pengatur Lalu Lintas)

1. Penentuan Fase

Pada Perencanaan Lalu Lintas, dikenal beberapa istilah :

- a. Waktu Siklus (*Cycle Time*) yaitu waktu satu periode lampu lalu lintas, dalam arti lain adalah waktu dari mulai hijau hingga mulai hijau lagi berikutnya;
- b. Fase yaitu suatu rangkaian dari kondisi yang diberlakukan untuk suatu arus atau beberapa arus, yang mendapatkan identifikasi lampu lalu lintas yang sama (Munawar 2006)

Berikut adalah contoh suatu persimpangan 3 kaki dengan 3 fase :



Gambar III. 6 Persimpangan dengan 3 Fase

2. Waktu Antar Hijau dan Kuning

- a. Penentuan waktu antar hijau diambil dari perbedaan antara akhir waktu hijau suatu fase dengan awal waktu hijau pada fase berikutnya. Waktu antar hijau ini dimaksudkan agar pada saat fase berikutnya mulai hijau, maka arus lalu lintas yang bergerak pada fase tersebut semuanya sudah bersih dari persimpangan, sehingga tidak ada konflik antara arus lalu lintas pada fase tersebut dengan arus lalu lintas pada fase berikutnya (Munawar 2006)
- b. Lampu kuning sesudah lampu hijau dimaksudkan agar kendaraan yang akan menyeberang memperhitungkan, apakah pada waktu sampai garis henti persimpangan diperkirakan lampu masih kuning, maka kendaraan akan mempercepat kecepataannya, begitu juga sebaliknya jika kendaraan tidak dapat melewati persimpangan pada saat lampu masih kuning, maka kendaraan akan memperlambat kecepataannya. (Munawar 2006)

3. Waktu Hijau Efektif

Waktu hijau efektif dihitung berdasarkan :

- a. Pada waktu lampu kuning (sesudah lampu hijau), maka arus lalu lintas masih akan terus menyeberang jalan.
- b. Walaupun demikian pada saat lampu kuning, arus lalu lintas yang lewat tidak sebanyak pada saat lampu masih hijau.
- c. Pada saat awal lampu hijau, pengemudi masih perlu waktu untuk bereaksi untuk mulai menyeberang jalan.

3.2.4 Koordinasi Sinyal pada Persimpangan

Menurut Louis J. Pignataro (1947) Sistem koordinasi sinyal pada persimpangan dibagi menjadi empat macam, antara lain:

1. Sistem serentak (*Simultaneous System*), semua indikasi warna pada suatu koridor jalan menyala pada saat yang sama yang bertujuan untuk tercapai gelombang hijau (*Greenwave*).
2. Sistem berganti-ganti (*Alternate System*), sistem dimana 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 diantara sinyal-sinyal tetapi juga memungkinkan panjang siklus dan pengambilan siklus pada interval di sepanjang hari.

Dan secara umum, sistem koordinasi sinyal pada persimpangan dibagi menjadi 3 tahap, antara lain:

1. Sistem Optimasi Isolasi
Sistem Optimasi Persimpangan adalah sistem dimana dilakukan perbaikan atau evaluasi pada tiap simpang hasil analisis eksisting (pengamatan langsung/survei) agar simpang dapat berfungsi optimal.
2. Sistem Koordinasi Isolasi (Jaringan)
Sistem Koordinasi Isolasi (Jaringan) adalah sistem dimana koordinasi sinyal dilakukan setelah optimasi isolasi dilakukan. Sistem ini berjalan ketika koordinasi sudah berbentuk jaringan, bukan dalam bentuk tiap simpang.
3. Sistem Koordinasi dengan konsep *Greenwave*
Sistem Koordinasi dengan konsep *Greenwave* adalah lanjutan dari sistem koordinasi jaringan yang memiliki konsep semua indikasi warna

pada suatu koridor jalan menyala pada saat yang sama, dan memiliki waktu siklus yang sama sepanjang koridor jalan.

Pola Pengaturan waktu yang sering dilakukan untuk koordinasi lampu lalu lintas adalah sebagai berikut:

1. Pola pengaturan waktu tetap (*Fixed Time Control*). Pola pengaturan waktu yang diterapkan hanya satu, tidak berubah-ubah. Pola pengaturan tersebut merupakan pola pengaturan yang paling cocok untuk kondisi jalan atau jaringan jalan yang terkoordinasikan. Pola-pola pengaturan tersebut ditetapkan berdasarkan data-data dan kondisi dari jalan atau jaringan yang bersangkutan.
2. Pola pengaturan waktu berubah berdasarkan kondisi lalu-lintas (*Vehicle Responsive System*). Pola pengaturan waktu yang diterapkan tidak hanya satu tetapi diubah-ubah sesuai dengan kondisi lalu-lintas yang ada. Biasanya ada tiga pola yang diterapkan yang sudah secara umum ditetapkan berdasarkan kondisi lalu-lintas sibuk pagi (*Morning Peak Condition*), kondisi lalu-lintas sibuk sore (*Evening Peak Condition*), dan kondisi lalu-lintas di antara kedua periode waktu tersebut (*Off Peak Condition*).
3. Pola pengaturan waktu berubah sesuai kondisi lalu-lintas (*Traffic Responsive System*). Pola pengaturan waktu yang diterapkan dapat berubah-ubah setiap waktu sesuai dengan perkiraan kondisi lalu-lintas yang ada pada waktu yang bersangkutan. Pola-pola tersebut ditetapkan berdasarkan perkiraan kedatangan kendaraan yang dilakukan beberapa saat sebelum penerapannya. Sudah tentu metode ini hanya dapat diterapkan dengan peralatan-peralatan yang lengkap.

3.2.5 Prinsip Dasar Koordinasi Sinyal

Dalam situasi dimana sinyal cukup berdekatan sehingga kendaraan tiba di persimpangan hilir dalam pleton, waktu hijau mereka perlu dikoordinasikan sehingga kendaraan dapat bergerak secara efisien melalui rangkaian sinyal. Tidak ada gunanya menahan pengemudi di satu sinyal menonton hijau terbuang di sinyal hilir, hanya untuk tiba disana tepat saat

sinyal berubah menjadi merah. Dalam beberapa kasus, dua sinyal berjarak sangat dekat sehingga harus dianggap sebagai satu sinyal. Dalam kasus lain, sinyalnya sangat berjauhan sehingga dianggap sebagai persimpangan yang terisolasi. Namun, kendaraan yang dilepaskan dari sinyal sering mempertahankan pengelompokannya lebih dari 1.000 kaki. Praktik umum adalah mengoordinasikan sinyal dengan jarak kurang dari satu mil di jalan-jalan utama dan jalan raya (*Signal Timing Manual*, 2008).

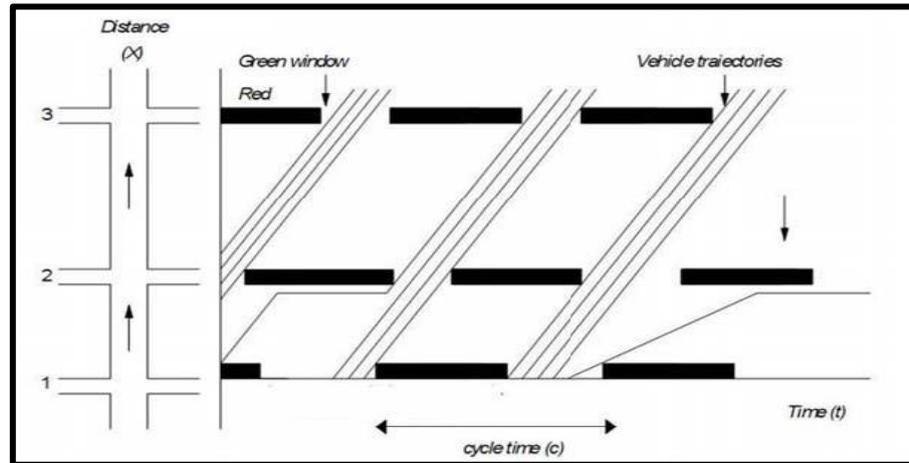
Dalam sistem terkoordinasi, semua sinyal harus memiliki panjang siklus yang sama. Hal ini diperlukan untuk memastikan bahwa awal hijau terjadi pada waktu yang sama relatif terhadap hijau di persimpangan hulu dan hilir. Ada beberapa pengecualian, di mana persimpangan kota memiliki volume yang tinggi sehingga mungkin memerlukan panjang siklus ganda, tetapi ini jarang dilakukan dan hanya jika tidak ada solusi lain yang layak.

3.2.6 Koordinasi Antar Simpang Bersinyal Dengan Konsep Greenwave

Bila beberapa persimpangan yang berdekatan menggunakan alat pemberi isyarat lalu lintas maka akan sangat bermanfaat bila alat pemberi isyarat lalu lintas pada persimpangan-persimpangan tersebut dikoordinasikan sedemikian rupa sehingga hambatan total pada semua persimpangan yang dikoordinasikan menjadi berkurang.

Koordinasi akan berjalan dengan baik bila variasi kecepatan kendaraan dalam suatu kelompok adalah kecil sehingga kelompok kendaraan yang terbentuk pada awal persimpangan yang dikoordinasikan tidak selalu menyebar/terpisah. Dan bila jarak antara persimpangan yang dikoordinasikan kurang dari 700 m (tetapi sampai dengan jarak 1200 m masih dapat diperoleh manfaat koordinasi walaupun manfaatnya telah berkurang. (Direktorat Jenderal Perhubungan Darat 1997)

Sistem serentak (*Simultaneous System*), semua indikasi warna pada suatu koridor jalan menyala pada saat yang sama yang bertujuan untuk tercapainya gelombang hijau (*Greenwave*).



Sumber: Taylor dkk, 1996, *Understanding Traffic System*

Gambar III. 7 Prinsip Koordinasi Sinyal dan *Greenwave*

1. Prinsip Koordinasi

Prinsip dasar koordinasi adalah waktu siklus yang optimum antara lampu lalu lintas dikoordinasikan. Situasi ini dicapai jika waktu siklus sama dengan waktu perjalanan atau *offset-offsetnya* sama dengan waktu perjalanan.

Prinsip-prinsip lainnya dari koordinasi adalah :

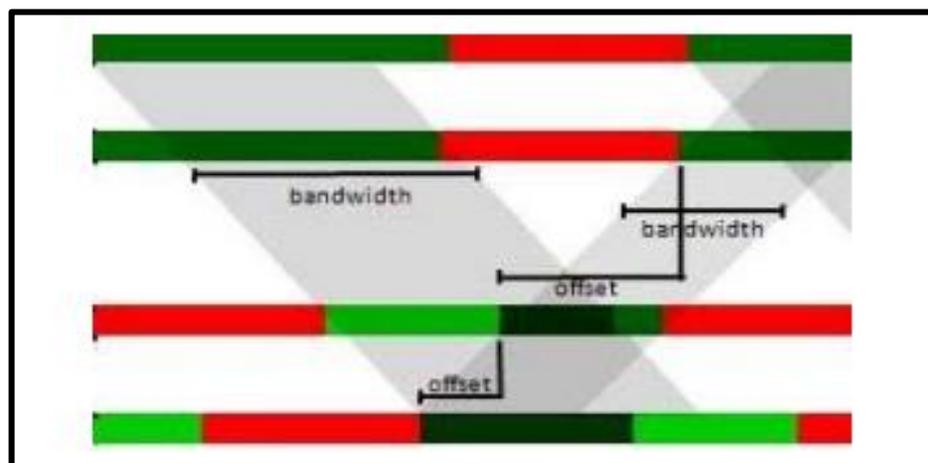
- a. Pemisahan hijau (proporsi relatif dari hijau);
- b. *Offset* (perbedaan-perbedaan waktu antara periode hijau dari tiap persimpangan terhadap persimpangan acuan)

Aspek-aspek lain perlu dipertimbangkan bila persimpangan-persimpangan dihubungkan. Aspek-aspek tersebut adalah aspek yang memiliki ciri-ciri operasi:

- a. Persimpangan-persimpangan harus berlokasi relatif dekat satu sama lain (kurang dari 800 m);
- b. Tidak ada gangguan dari :
 - 1) Lalu lintas akses;
 - 2) Parkir;
 - 3) Penyebrang jalan;
 - 4) Tidak macet.

2. Teori *Platoon Dispersion*

Platoon Dispersion merupakan penyebaran iringan kendaraan selama menempuh suatu *link* diantara 2 simpang yang berurutan. Semakin kecil penyebaran iringan semakin baik dalam mendukung suksesnya sistem sinyal terkoordinasi, demikian pula sebaliknya. Dengan demikian, *Platoon Dispersion* merupakan faktor yang sangat penting dalam aplikasi sistem sinyal terkoordinasi. *Platoon Dispersion* merupakan fungsi dari variasi kecepatan dalam kelompok kendaraan. Dengan variasi kecepatan yang kecil diharapkan kelompok kendaraan tidak terlalu menyebar selama menempuh suatu *link*. *Bandwidth* merupakan perbedaan waktu dalam lintasan paralel sinyal hijau antara lintasan pertama dan lintasan terakhir (C.S. Papacostas, 2005). *Offset* merupakan perbedaan waktu antara dimulainya sinyal hijau pada simpang pertama dan awal hijau pada simpang setelahnya (C.S. Papacostas, 2005). Waktu *offset* dapat dihitung melalui diagram koordinasi. Namun, waktu *offset* juga dapat digunakan untuk memulai membentuk lintasan koordinasi. Untuk lebih jelasnya, *offset* dan *bandwidth* dapat dilihat pada gambar diagram koordinasi empat simpang pada Gambar III.8.



Gambar III. 8 *Offset* dan *Bandwidth* dalam Diagram koordinasi

Konsep koordinasi pengaturan lampu lalu-lintas biasanya dapat digambarkan dalam bentuk Diagram Waktu-Jarak (Time Distance

Diagram) seperti diperlihatkan pada gambar III.8. Diagram waktu-jarak adalah visualisasi dua dimensi dari beberapa simpang yang terkoordinasi sebagai fungsi jarak dan pola indikasi lampu lalu-lintas di masing-masing simpang yang bersangkutan sebagai fungsi waktu.

3.2.7 Simulasi Permodelan Dengan Menggunakan Software *VISSIM*

VISSIM merupakan alat bantu atau perangkat lunak simulasi lalu lintas untuk keperluan rekayasa lalu lintas, perencanaan transportasi, waktu sinyal, angkutan umum serta perencanaan kota yang bersifat mikroskopis dalam aliran lalu lintas multimoda yang diterjemahkan secara visual dan dikembangkan pada tahun 1992 oleh salah satu perusahaan IT di negara Jerman (*Siemens, 2012*). *VISSIM* berasal dari kata *Verkehr Stadten – Simulations modell* (dalam Bahasa Jerman) yang artinya model simulasi lalu lintas kota.

VISSIM atau *Verkehr stadten Simulationsmodell* program yang dikembangkan oleh PTV (*Planing Transportasi Verkehr AG*) di Karlsruhe, Jerman. *VISSIM* merupakan perangkat lunak yang dapat melakukan simulasi menyerupai kondisi lapangan (mikroskopis). Dalam hal ini *VISSIM* menjadi alternatif atau alat bantu untuk mensimulasikan lalu lintas untuk keperluan rekayasa lalu lintas. Perangkat lunak *VISSIM* juga dapat menampilkan berbagai jenis dan karakteristik kendaraan – kendaraan yang biasa digunakan sehari – hari, antara lain *vehivles* (mobil, truk, sepeda motor, dan sepeda), public transport (tram, bus), dan pejalan kaki. Hasil dari perangkat lunak *VISSIM* berupa visual 3D dalam hal ini dapat menampilkan sebuah animasi yang realistis sesuai dengan yang telah di modelkan.

3.2.8 Penggunaan *VISSIM* Dalam Simulasi Lalu Lintas

VISSIM digunakan untuk menganalisis jaringan – jaringan darisegala jenis ukuran, jarak persimpangan individual hingga keseluruhan daerah metropolitan. Dalam jaringan – jaringan transportasi tersebut, *VISSIM* mampu memodelkan semua klasifikasi fungsi jalan mulai dari jalan raya

lintas untuk sepeda motor hingga jalan raya untuk mobil. Jangkauan aplikasi jaringan vissim yang juga meliputi fasilitas – fasilitas transportasi umum, sepeda hingga pejalan kaki. Selain itu vissim juga mensimulasikan geometric dan kondisi operasional yang unik yang terdapat dalam system transportasi. Data – data yang dimasukkan untuk dianalisis sesuai keinginan pengguna. Berikut adalah parameter yang digunakan dalam *VISSIM*.

1. *Vehicle Input*

Vehicle Input digunakan untuk memasukan volume arus lalu lintas dengan cara memasukan data volume setiap lengan yang akan dimodelkan sesuai data yang didapati dari lapangan.

2. *Vehicle Compositions*

Selain volume kendaraan, dibutuhkan juga komposisi dari setiap jenis kendaraan beserta kecepatannya pada setiap lengan pada jam puncak.

3. *Conflict Area*

Conflict Area digunakan untuk mengontrol kendaraan agar tidak saling bertabrakan satu sama lain dan digunakan untuk memprioritaskan kendaraan agar jalan terlebih dahulu sesuai keinginan kita.

Prinsip kerja *Conflict Area*:

- a. Kuning : area kuning merupakan area terjadinya konflik yang secara default/tidak adanya prioritas yang ditetapkan.
- b. Merah : area merah digunakan dimana prioritas ditentukan oleh kedatangan seperti di 4 – *way stop*.
- c. Hijau : area hijau digunakan untuk kendaraan yang lewat akan mendapatkan prioritas terlebih dahulu jika ada kendaraan lain yang datang dari arah lain.

4. *Priority Rules*

Prinsip kerja *Priority Rules*:

- a. *Red bar* : garis henti yang ditujukan bagi pengendara untuk berhenti sejenak atau memperlambat kecepatan.
- b. *Green bar* : satu atau lebih penanda konflik yang terkait dengan garis henti.

Berdasarkan kondisi pada penanda konflik, garis henti menentukan kendaraan untuk dapat lewat atau tidak. Dua faktor Utama yang ditinjau dari penanda konflik yaitu jarak minimum dan waktu selang minimum.

5. *Signal Control*

Signal Control digunakan untuk mengatur *traffic light* pada jaringan jalan. *Signal Controlles* terdiri dari beberapa *signal group* dengan jumlah lengan simpang bersinyal.

6. *Evaluation Configuration*

Evaluation Configuration mengatur hasil yang didapatkan dari *VISSIM* sesuai dengan kebutuhan. *VISSIM* dapat menyediakan informasi Panjang antrian, waktu tempuh, distribusi waktu hijau, informasi kendaraan khusus, dan lain lain.

a. *Queue Counter* (Panjang antrian)

Queue Counter merupakan jarak dalam meter dari garis henti dimana kendaraan antri. *Queue Counter* didapat dengan tahap sebagai berikut:

- 1) Menentukan posisi *queue counters* pada jaringan jalan
- 2) Menentukan *variable queue counters* pada *menu configuration*.
- 3) *Running* simulasi *VISSIM*
- 4) Pembacaan *queue result*

b. *Travel Time* (waktu tempuh)

Travel time merupakan waktu yang ditempuh kendaraan untuk berpindah pada suatu rute. *Travel time sections* harus ditentukan untuk mendapatkan waktu tempuh atau data tundaan. *VISSIM* menghitung waktu tempuh rata – rata (termasuk waktu tunggu dan masa tunggu) dari awal sampai akhir bagian yang ditentukan.

Travel time didapatkan dengan tahap sebagai berikut.

- 1) Menentukan posisi jarak dan jarak *vehicle travel times* pada jaringan jalan.
- 2) Mengelompokkan *vehicle travel times* pada *delay measurements*.

- 3) Mencentang variable *delay* and *travel time* pada menu *configuration*.
 - 4) *Running* simulasi *VISSIM*.
 - 5) Pembacaan *delay result* dan *travel time result*.
- c. *Delay* (waktu tundaan)
- Delay* merupakan perbedaan antara waktu tempuh pada pendekatan dan waktu arus bebas dari kendaraan tanpa hambatan pada jarak yang sama. *Delay* didapat bersamaan dengan *variable travel time*.
- d. *Data Collection*
- VISSIM* menyediakan model simulasi mikroskopis yang sangat bergantung pada parameter dan input data yang digunakan selama pengkodean jaringan. Dengan demikian, bagian ini akan mengevaluasi kelebihan dan kekurangan penggunaan *VISSIM* berdasarkan data yang dibutuhkan dan proses pengumpulan data. *Data collection* didapat dengan tahap sebagai berikut.
- 1) Menentukan posisi *data collection points* pada jaringan jalan.
 - 2) Mengelompokkan *data collection points* pada *data collection measurements*.
 - 3) Mencentang variable *data collection* pada menu *configuration*.
 - 4) *Running* simulasi *VISSIM*.
 - 5) Pembacaan data *collection result*.

7. *Validasi*

Validasi adalah perbandingan parameter yang diperoleh dari lapangan terhadap hasil simulasi dengan menggunakan *VISSIM*. *Validasi* tidak memenuhi persyaratan apabila perbandingan data lapangan dan simulasi mengalami simpangan melebihi 15%. *Kalibrasi* dilakukan apabila ternyata *validasi* tidak memenuhi persyaratan.

Salah satu cara untuk *Validasi* adalah dengan merubah nilai *random seed* (Collins, 2009).

a. *Random Seed*

Random seed adalah nilai yang menginisialisasikan bilangan acak. Jika nilai *random seed* divariasikan maka fungsi stokastik di *VISSIM* akan merubah arus lalu lintas. Proses *validasi* merubah nilai *random seed* sekurang – kurangnya 5x (lima kali perubahan) sehingga didapatkan nilai *average* (rata – rata) dari hasil *running* tersebut.

b. Running VISSIM

Running VISSIM dilakukan selama 3600 detik apabila menggunakan *VISSIM. Student version*, *running* hanya dilakukan selama 600 detik. *Running* dilakukan minimal 5x (lima kali) dengan mengganti nilai *random seed* yang kemudian dari hasil *running* diambil nilai *average* (nilai rata – rata).