

BAB III

KAJIAN PUSTAKA

III.1 Lalu Lintas

Dalam Undang-Undang No 22 Tahun 2009 tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan, Lalu Lintas diartikan sebagai pergerakan kendaraan dan orang di Ruang Lalu Lintas Jalan, dan selanjutnya yang dimaksud dengan Ruang Lalu Lintas Jalan adalah prasarana yang diperuntukan bagi gerak pindah kendaraan orang dan/ barang yang berupa jalan dan fasilitas penunjang.

Terdapat 3 (tiga) komponen terjadinya lalu lintas yaitu:

1. Manusia sebagai pengguna jalan dapat berperan sebagai pengemudi atau pejalan kaki;
2. Kendaraan digunakan oleh pengemudi mempunyai karakteristik yang berkaitan dengan kecepatan, perlambatan dan dimensi;
3. Jalan merupakan lintasan yang direncanakan untuk dilalui kendaraan bermotor maupun kendaraan tidak bermotor termasuk pejalan kaki.

III.2 Jalan

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 disebutkan bahwa jalan adalah suatu prasarana transportasi yang meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel. Jalan mempunyai peranan penting terutama yang menyangkut perwujudan perkembangan antar wilayah yang seimbang, pemerataan hasil pembangunan serta pemantapan pertahanan dan keamanan nasional dalam rangka mewujudkan pembangunan nasional.

Menurut Jalan menurut fungsinya dibedakan menjadi 3 (tiga) yaitu:

1. Jalan Arteri adalah jalan yang ditujukan oleh kendaraan angkutan utama dengan jarak perjalanan jauh, kecepatan tergolong tinggi, serta dilakukan pembatasan secara berdaya guna pada jumlah jalan masuk.
2. Jalan Kolektor adalah jalan yang ditujukan oleh kendaraan angkutan pengumpul atau pembagi, dengan memiliki jarak perjalanan sedang, kecepatan tergolong sedang serta dilakukan adanya pembatasan pada jalan masuk
3. Jalan Lokal adalah jalan yang ditujukan untuk kendaraan angkutan lokal dengan jarak tempuh dekat, kecepatan tergolong rendah hingga adanya pembatasan jalan masuk.

III.3 Persimpangan

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993 Tentang Prasarana dan Lalu Lintas Persimpangan adalah pertemuan atau percabangan jalan, baik sebidang maupun tidak sebidang.

Menurut AASHTO dalam Khisty dan Lall, 2005 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. Persimpangan merupakan daerah dimana dua atau lebih ruas jalan bertemu atau bersilangan. Persimpangan dapat bervariasi dari persimpangan sederhana yang terdiri dari pertemuan dua ruas jalan sampai persimpangan kompleks yang terdiri dari pertemuan beberapa ruas jalan.

III.4 Pengendalian Persimpangan

Menurut Peraturan Pemerintah No. 32 Tahun 2011 Mengendalikan lalu lintas di ruas jalan tertentu dan persimpangan dapat dilakukan dengan cara menerapkan sistem alat pemberi isyarat lalu lintas, bundaran, atau dengan memanfaatkan teknologi untuk kepentingan lalu lintas. Pemilihan metode pengendalian bergantung pada besarnya tiap arus lalu lintas dan keselamatan pada ruas jalan tersebut. Terkadang lampu lalu lintas dipergunakan pada Simpang Prioritas Lalu Lintas, tetapi tidak menjadi teknik baku, hanya dipergunakan dalam kasus-kasus tertentu saja. Ada 4 cara pengendalian yaitu:

1. Persimpangan Prioritas

Persimpangan prioritas adalah metode pengendalian persimpangan yang sering digunakan. Metode pengendalian persimpangan ini adalah memberikan prioritas yang lebih tinggi kepada kendaraan yang datang dari jalan utama (mayor) dari semua kendaraan yang bergerak dari jalan kecil (jalan minor).

2. Pengendalian dengan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL)

Lampu pengatur lalu lintas digunakan pada hampir semua persimpangan di daerah CBD (Centrall Business District), dan hampir di sebagian besar persimpangan jalan utama atau di jalan-jalan kecil di daerah pinggiran kota. Perubahan persimpangan prioritas ke persimpangan diatur dengan APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas). Kapasitas di persimpangan yang diatur menggunakan isyarat lampu lalu lintas ini dapat ditingkatkan dengan cara:

- a. Mengatur waktu siklus yang optimal;
- b. Mengatur fase yang optimal;
- c. Menambah kapasitas ruas khususnya pada kaki masuk simpang dan memberikan lajur untuk pergerakan membelok dan tempat penumpukan;
- d. Mengkoordinasikan simpang yang diatur dengan lampu lalu lintas;
- e. Menetapkan sistem pengaturan yang optimal terhadap arus pejalan kaki.

3. Bundaran

Bundaran adalah alternatif terhadap isyarat lampu lalu-lintas. Metode ini bermanfaat di Indonesia apabila dimanfaatkan berdasarkan sistem pengaturan Bundaran konvensional dengan daerah persimpangan atau persilangan yang bisa menambah pilihan cara untuk mendapatkan delay yang lebih kecil daripada dibandingkan dengan pengendalian dengan alat pemberi isyarat lalu lintas.

Usaha yang dapat dilakukan agar kapasitas Bundaran lalu lintas dapat meningkat adalah:

- a. Melebarkan jalan masuk dan keluar persimpangan;

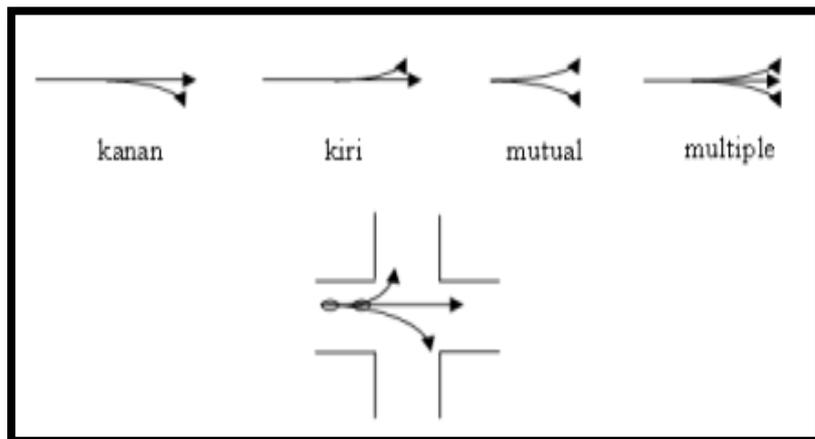
b. Menambah panjang dan luas daerah persimpangan.

Dalam penerapan sistem Bundaran ini dapat dilakukan menggunakan pedoman penentuan pengendalian yang digunakan dengan berdasarkan volume lalu lintas pada tiap kaki simpangnya, metode dengan pedoman ini diperlukan agar tiap kendaraan yang melakukan gerakan tidak akan saling bertabrakan.

4. Titik Konflik

Persimpangan dipergunakan dengan tujuan agar potensi konflik antar kendaraan (termasuk pejalan kaki) dapat dikurangi dan sekaligus untuk memberi kenyamanan dan kemudahan pergerakan yang maksimum bagi kendaraan. persimpangan, Menurut Departemen PU (1997) ada empat jenis yang dibedakan menurut jenis dasar dari tiap alih gerak kendaraan:

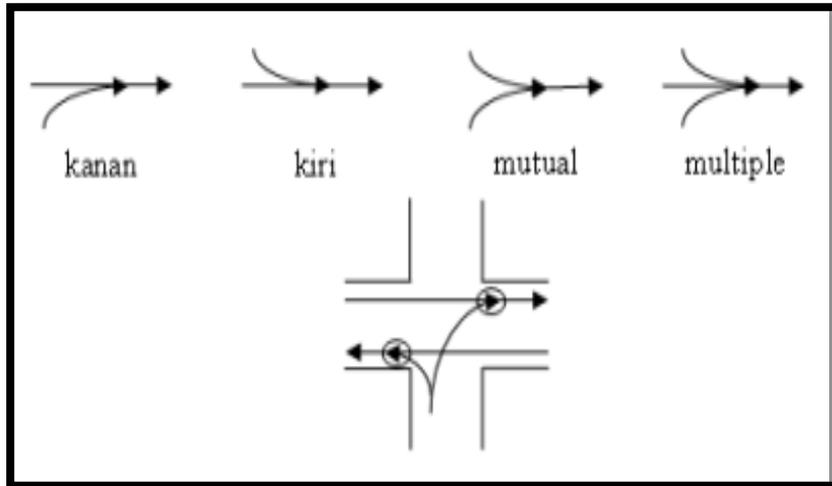
a. Diverging (Berpisah)



Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (1997)

Gambar III.1 Pergerakan kendaraan *Diverging* (Berpisah)

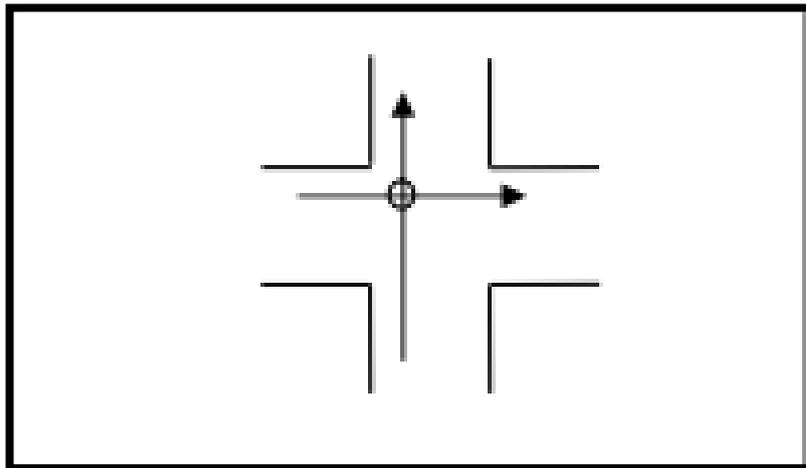
b. Merging (Bergabung)



Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (1997)

Gambar III.2 Pergerakan kendaraan *Merging* (Bergabung)

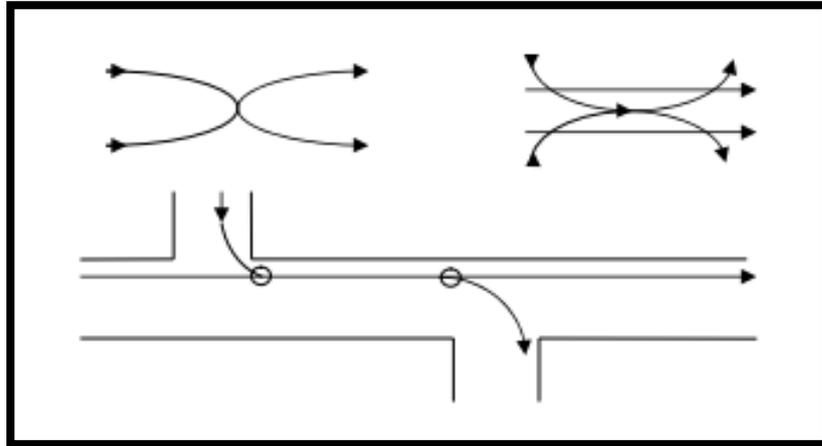
c. Crossing (Berpotong)



Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (1997)

Gambar II.3 Pergerakan kendaraan *Crossing* (Berpotongan)

d. Weaving (Bersilangan)



Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (1997)

Gambar III.4 Pergerakan kendaraan *Weaving* (Persilangan)

Dari Empat alih gerak kendaraan, pergerakan berpotongan merupakan yang paling berbahaya dibanding pergerakan yang lain. Hal tersebut dikarenakan di pergerakan berpotongan (*crossing*) terjadi konflik.

III.5 Simpang Bersinyal

1. Penentuan Fase

Dalam perencanaan Lalu Lintas, diketahui beberapa istilah:

- a. *Cycle time* (Waktu Siklus) adalah urutan lengkap suatu lampu lalu-lintas (Pline,1992 dan TRB, 2000).;
- b. Fase merupakan bagian dari suatu siklus yang dialokasikan untuk kombinasi pergerakan-pergerakan lalu-lintas yang menerima hak prioritas jalan secara simultan selama satu interval waktu atau lebih (Pline,1992 dan TRB, 2000).

2. Waktu Antar Hijau

Waktu Antar Hijau adalah waktu antara akhir lampu hijau untuk satu fase untuk fase lainnya (Pline,1992 dan TRB, 2000).

3. Waktu Hijau Efektif

Waktu hijau efektif dapat dihitung menurut:

- a. Pada waktu lampu kuning (setelah lampu hijau), maka kendaraan masih akan dapat terus menyebrang jalan.
- b. Meskipun demikian ketika berada di fase kuning, kendaraan yang melintas tidak sebanyak ketika lampu masih berada di fase hijau.
- c. Ketika saat awal fase hijau, pengemudi kendaraan membutuhkan waktu untuk beraksi untuk mulai melintasi jalan.

III.6 Tingkat Pelayanan Persimpangan

Dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Kegiatan Manajemen Rekayasa Lalu Lintas Kementerian Perhubungan, 2015. Tingkat Pelayanan pada Persimpangan diklasifikasikan atas:

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

III.7 Koordinasi Sinyal Pada Persimpangan

Koordinasi antar simpang secara umum dimaksudkan untuk meningkatkan pelayanan suatu jaringan jalan, mengurangi waktu tunda dan waktu berhenti kendaraan. Terdapat 4 (empat) macam sistem koordinasi sinyal di persimpangan, yaitu:

1. Sistem Serentak (*Simultaneous System*), semua fase warna pada suatu koridor jalan menyala disaat yang sama, atau dapat dikatakan sama seperti konsep gelombang hijau (*Greenwave*).
2. Sistem berganti-ganti (*alternate system*), Sistem ketika dimana seluruh indikasi sinyal berganti ketika waktu yang sama, tetapi kelompok sinyal di simpang didekatnya memperlihatkan warna yang berbeda.
3. Sistem progresif sederhana (*simple progressive system*), memiliki pedoman pada siklus pada umumnya, dan memiliki indikasi sinyal jalan secara terpisah.
4. Sistem progresif fleksibel (*flexible progressive system*), memiliki mekanisme pengendali induk. Pengendalian ini tidak hanya memberikan koordinasi yang baik di antara sinyal-sinyal tetapi juga memungkinkan panjang dan pengambilan siklus pada interval di sepanjang hari.

Sistem koordinasi sinyal di penelitian ini dibagi menjadi 3 tahap, antara lain:

1. Sistem Koordinasi (Jaringan)
Sistem Koordinasi (Jaringan) adalah sistem dimana koordinasi sinyal dilakukan setelah Optimasi/optimasi terisolasi dilakukan. Sistem ini bekerja bila koordinasi dalam bentuk jaringan, bukan dalam bentuk masing-masing simpang.
2. Sistem Koordinasi dengan konsep Greenwave
Sistem Koordinasi menggunakan konsep Greenwave adalah terusan dari sistem koordinasi jaringan yang mempunyai konsep dengan semua petunjuk warna pada tiap koridor jalan menyala di saat yang sama, dan mempunyai waktu siklus yang panjangnya sama di koridor jalan.

Pola pengaturan waktu lalu lintas yang sering digunakan untuk koordinasi dengan berpedoman Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Darat tentang Pedoman Sistem Pengendalian Lalu Lintas Terpusat No. AJ401/1/7/1991, yaitu:

1. Pola pengaturan waktu tetap (*Fixed Time Control*). Pola menggunakan pengaturan waktu tetap atau tidak berubah-ubah. Pengaturan dengan

menggunakan pola ini merupakan yang paling cocok untuk kondisi jalan atau jaringan jalan yang terkoordinasikan. Pola pengaturan tersebut ditetapkan berdasarkan dengan kondisi dari jalan atau jaringan yang bersangkutan.

2. Pola pengaturan waktu dapat berubah berdasarkan kondisi lalu-lintas (*Vehicle Responsive System*). Terdapat 3 (tiga) pola yang diterapkan yang telah secara umum ditetapkan menurut kondisi lalu-lintas sibuk pagi (*Morning Peak Condition*), kondisi lalu-lintas sibuk sore (*Evening Peak Condition*), dan kondisi lalu- lintas di antara periode waktu tersebut (*Off Peak Condition*).
3. Pola pengaturan waktu berubah sesuai kondisi lalu-lintas (*Traffic Responsive System*). Pola pengaturan waktu yang diterapkan bisa saja berubah-ubah setiap waktu sesuai dengan perkiraan kondisi lalu-lintas yang ada pada waktu tersebut. Pola-pola yang ditetapkan berdasarkan perkiraan kedatangan kendaraan yang dilakukan beberapa saat sebelum penerapannya. Tentunya metode atau pola ini hanya dapat diterapkan dengan peralatan-peralatan yang lengkap.

Koordinasi sinyal diperlukan pada lokasi simpang yang letaknya berdekatan yaitu kurang dari 800 meter sehingga kendaraan dapat bergerak secara efisien dari simpang ke simpang. Pada umumnya, kendaraan yang keluar dari simpang yang bersinyal akan tetap mempertahankan gerombolan (*platoon*) hingga sinyal berikutnya dengan jarak sekitar 300 meter (McShane dan Roess, 1990). Untuk mengkoordinasikan beberapa sinyal, terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi (McShane dan Roess, 1990), yaitu:

1. Jarak antar simpang yang dikoordinasikan kurang dari 800 meter;
2. Umumnya digunakan pada jaringan fungsi jalan (arteri, kolektor) dan juga dapat digunakan untuk jaringan jalan yang berbentuk grid;
3. Terdapat iring-iringan kendaraan (*platoon*) sebagai akibat dari lampu lalu lintas awal.

4. Semua simpang bersinyal direncanakan mempunyai waktu siklus (*cycle time*) yang sama.

Menurut Taylor, dkk (1996) fungsi dari sistem koordinasi sinyal adalah mengikuti volume lalu lintas maksimum untuk melewati simpang bersinyal tanpa berhenti dengan mulai waktu hijau (*green periods*) pada simpang berikutnya mengikuti kedatangan dari kelompok/gerombolan (*platoon*).

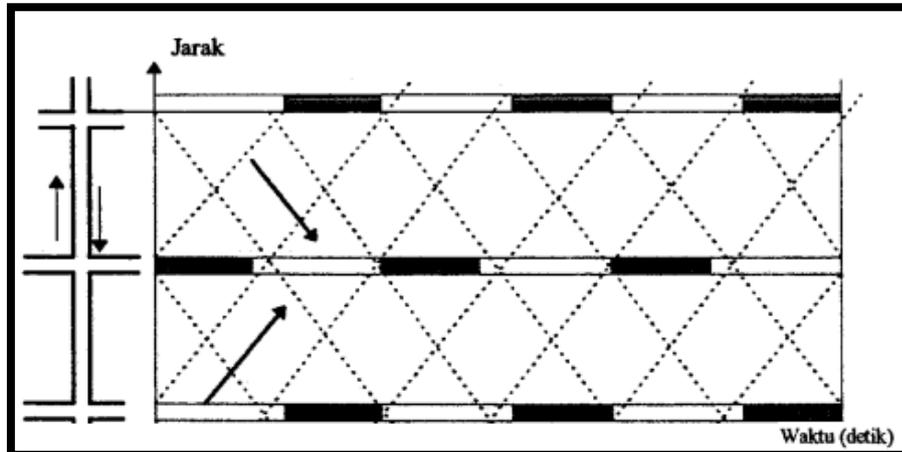
Platoon Dispersion merupakan penyebaran iringan ketika kendaraan menempuh suatu ruas jalan di antara 2 simpang yang berurutan. Semakin kecil penyebaran iringan kendaraan maka semakin baik juga, dikarenakan dapat mendukung suksesnya sistem sinyal terkoordinasi, demikian pula sebaliknya. Dengan demikian, *Platoon Dispersion* menjadi faktor penting dalam aplikasi sistem sinyal terkoordinasi. *Platoon Dispersion* merupakan fungsi dari variasi kecepatan dalam kelompok kendaraan. Dengan variasi kecepatan kendaraan yang kecil diharapkan kelompok kendaraan tidak terlalu menyebar selama menempuh suatu link.

III.8 Koordinasi Simpang Bersinyal dengan Konsep Greenwave

Konsep ini merupakan sistem dengan melakukan upaya bergeraknya kendaraan (*platoon*) yang meninggalkan satu simpang dan memperoleh lampu hijau pada simpang selanjutnya. Apabila beberapa persimpangan yang berdekatan menggunakan alat pemberi isyarat lalu lintas maka akan sangat bermanfaat ketika alat pemberi isyarat lalu lintas pada persimpangan-persimpangan tersebut dikoordinasikan dengan baik sehingga hambatan total pada semua persimpangan bersinyal yang dikoordinasikan menjadi berkurang.

Koordinasi dapat berjalan dengan baik jika variasi kecepatan kendaraan dalam suatu kelompok kecil, sehingga kelompok kendaraan yang terbentuk pada awal persimpangan yang dikoordinasikan dan mendapat fase hijau tidak selalu menyebar/terpisah. Apabila jarak antara persimpangan yang dikoordinasikan 700-1200 meter masih dapat diperoleh manfaat koordinasi walaupun manfaatnya telah berkurang). (Abu Bakar, Iskandar, Yani, Ahmad, dan Sutiono, 1996).

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



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

Gambar III.5 Prinsip Koordinasi Sinyal dan Konsep *Greenwave*

1. Koordinasi dengan prinsip waktu siklus yang optimum antar lampu lalu lintas yang saling dikoordinasikan. Kondisi ini dapat dicapai jika waktu siklus sama dengan waktu perjalanan atau offset-offsetnya sama dengan waktu perjalanan.

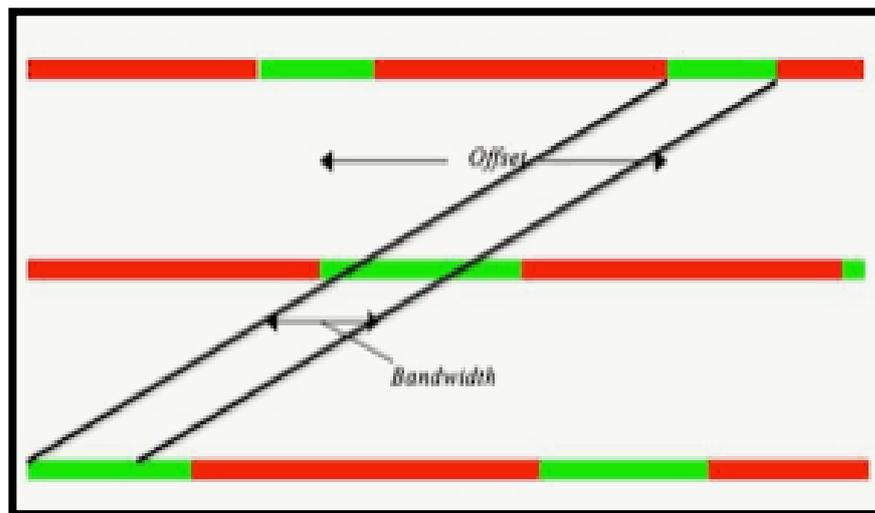
Prinsip-prinsip lainnya dari koordinasi adalah:

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

Apabila antar persimpangan akan dihubungkan, maka koordinasi aspek-aspek lain perlu dipertimbangkan. 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) Penyeberang jalan;
 - 4) Tidak macet.

2. *Bandwith* merupakan perbedaan waktu ketika kendaraan berada dalam lintasan paralel sinyal hijau antara lintasan pertama dan lintasan terakhir (Papacostas, CS, & Prevedouros, 2005). *Offset* merupakan perbedaan waktu antara dimulainya sinyal hijau pada simpang pertama dan awal hijau pada simpang setelahnya (Papacostas, CS., & Prevedouros, 2005). Waktu *offset* juga dapat dihitung dengan cara melalui diagram koordinasi. Namun, waktu *offset* juga dapat digunakan untuk memulai membentuk lintasan koordinasi. Untuk lebih jelasnya, *offset* dan *bandwidth* dapat dilihat seperti gambar diagram koordinasi simpang pada Gambar III.6



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

Gambar III.6 Offset dan *Bandwidth* Dalam Diagram Koordinasi

Konsep koordinasi pengaturan lampu lalu-lintas biasanya dapat digambarkan dalam bentuk Diagram Waktu-Jarak (*Time Distance Diagram*), yaitu visualisasi dua dimensi dari beberapa simpang yang terkoordinasi yang menjadi fungsi jarak dan pola indikasi lampu lalu-lintas di tiap-tiap simpang yang dilewati sebagai fungsi waktu.

3. Waktu tempuh

Waktu tempuh adalah waktu arus dalam link dan jumlah waktu tundaan rata-rata ditambah waktu jelajah rata-rata, dijumlahkan untuk seluruh link. atau jumlah rata-rata keberadaan kendaraan dalam jaringan

selama periode tertentu. Sejumlah kendaraan akan mengalami antrian, sisanya akan berjalan di antara persimpangan (James C Binning, Mark Crabtree 2011).

4. Kecepatan rata-rata (*Mean Journey Speed*)

Kecepatan perjalanan rata-rata adalah adalah jarak perjalanan total yang ditempuh dibagi dengan waktu tempuh total, yang memberikan suatu kecepatan rata-rata dan perjalanan kendaraan yang khusus dalam jaringan (James C Binning, Mark Crabtree 2011)

III.9 Aplikasi Program Software (Transyt 14.1)

Sistem ini dikembangkan oleh *Transport Road Research Laboratory* (TRRL), Inggris. Aplikasi Program Transyt biasanya digunakan untuk mengkoordinasikan lampu lalu lintas dan kegunaan lain, misalnya mengurangi panjang antrian di persimpangan, mengurangi waktu tunggu kendaraan, memberikan prioritas kepada angkutan umum atau memperbaiki kinerja persimpangan lainnya.

1. Transyt 14.1

Transyt (*Traffic Network Study Tools*) merupakan program komputer dengan fungsi untuk meneliti rencana sistem Transportasi yang lebih optimal dan dirancang khusus untuk dapat menganalisis rencana pengaturan kinerja simpang terbaik atau mengoptimalkan kinerja simpang menjadi lebih optimal dengan hasil terbaik yang volume lalu-lintas dan kapasitas persimpangannya sudah diketahui. Program ini mempunyai dua elemen dasar, yaitu pemodelan lalu-lintas dan optimasi pengaturan lalu-lintas kendaraan. Program Transyt 14.1 tersebut dipergunakan di dalam penelitian ini karena mempunyai dua elemen dasar tersebut.

Di dalam optimalisasi pengaturan koordinasi sinyal antar simpang, baik antar *un-controlled*, ukuran Indeks Kinerja Jaringan (*Performance Index*) yang dipergunakan, yakni dengan cara menggabungkan nilai simpang dengan sinyal maupun dengan pengaturan prioritas dan nilai tundaan serta panjang antrian secara proporsional.

2. Asumsi Dasar dan Proses Kerja

Asumsi dasar yang digunakan oleh program Transyt 14.1 mengenai keadaan lalu lintas yang akan dianalisis adalah sebagai berikut:

- a. Persimpangan dalam jaringan jalan dioperasikan dengan traffic light, sistem prioritas, maupun un-controlled;
 - b. Seluruh setting lampu lalu lintas dalam jaringan jalan mempunyai waktu ulang (*cycle time*) yang seragam serta detail dari setiap fase dan periode pada seluruh setting diketahui.
3. Input untuk Aplikasi Program Komputer Transyt 14.1
- Data input untuk program Transyt 14.1 meliputi:
- a. Data umum waktu siklus persimpangan;
 - b. Volume arus sibuk lalu lintas persimpangan;
 - c. Kapasitas tiap kaki persimpangan.
4. Proses Kerja Program Transyt 14.1
- a. Dengan menggunakan model lalu lintas, berdasarkan data kinerja volume lalu lintas, serta setting lampu lalu lintas eksisting akan diperoleh Indeks Kinerja berupa derajat kejenuhan, waktu tundaan dan panjang antrian kendaraan dalam jaringan;
 - b. Indeks Kinerja ini dijadikan dasar untuk melakukan optimasi pengaturan setting lampu lalu lintas yang baru;
 - c. *Setting* lampu lalu lintas yang baru ini kemudian dibawa ke dalam model sehingga diperoleh nilai Indeks Kinerja yang baru;
 - d. Indeks Kinerja yang baru ini setelah diperbandingkan dengan Indeks Kinerja sebelumnya untuk melihat perubahan yang diperoleh;
 - e. Proses ini diulang terus sampai setting lampu lalu lintas dapat menjadi paling optimum, yaitu perubahan Indeks Kinerja yang diperoleh tidak bisa lebih baik lagi.
5. Indikator Kinerja yang dihasilkan dengan Aplikasi Transyt 14.1.
- a. Indikator Kinerja Persimpangan meliputi:
 - 1) Derajat Kejenuhan;
 - 2) Panjang Antrian
 - 3) Tundaan;

- b. Indikator Jaringan jalan
- 1) Total Distance *Travelled*;
 - 2) Waktu Tempuh
 - 3) Total *Delay*;
 - 4) Kecepatan rata rata