

BAB III

KAJIAN PUSTAKA

3.1 Manajemen Rekayasa Lalu Lintas

Berdasarkan Undang – Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Pasal 93 ayat 1 bahwa dikatakan manajemen rekayasa lalu lintas dilaksanakan dalam hal mengoptimalkan penggunaan jaringan jalan dan Gerakan lalu lintas yang bertujuan untuk memenuhi suatu kepentingan tertentu tanpa perlu penambahan atau pembuatan infrastruktur baru sehingga tidak mengubah secara substansial dari prasarana tersebut.

Berdasarkan Peraturan Menteri No. 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas membahas penetapan tingkat pelayanan simpang yang diklasifikasikan sebagai berikut :

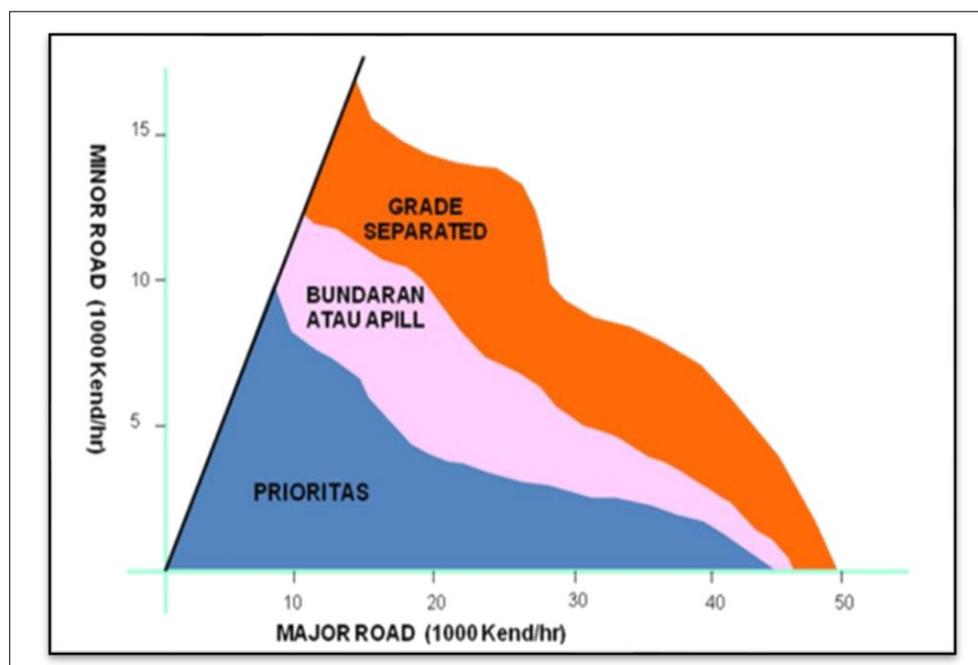
1. Tingkat pelayanan A, dengan kondisi tundaan kurang dari 5 detik perkendaraan;
2. Tingkat pelayanan B, dengan kondisi tundaan lebih dari 5 detik sampai 15 detik perkendaraan;
3. Tingkat pelayanan C, dengan kondisi tundaan lebih dari 15 detik sampai 25 detik perkendaraan;
4. Tingkat pelayanan D, dengan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

3.2 Persimpangan

Persimpangan merupakan simpul pada jaringan jalan atau lokasi dimana jalan – jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan dengan kondisi lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan yang bergerak secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya (Departemen Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1996). Tujuan utama dilakukan perencanaan persimpangan yang baik adalah untuk mengurangi terjadinya kecelakaan, sehingga mampu meningkatkan kenyamanan dan ketenangan pengguna jalan di persimpangan tersebut (Wirtina, 2008, dalam Kirono dkk, 2018).

3.3 Pengendalian persimpangan

Penentuan pengendalian persimpangan dilakukan menggunakan pedoman pada gambar grafik penentuan pengendalian persimpangan yang ditentukan berdasarkan volume lalu lintas pada masing-masing kaki simpang.



Sumber : Australian Road Research Board (ARRB)

Gambar III. 1 Jenis Pengendalian Simpang

Dimuat dalam Jurnal Penelitian Transportasi Darat (Haradogan 2019) bahwa pemilihan metode pengendalian tergantung pada besarnya arus lalu lintas. Penentuan pengendalian persimpangan antara lain :

1. Persimpangan Prioritas

Persimpangan prioritas merupakan salah satu metode pengendalian yang paling umum digunakan. Hak penggunaan jalan pada persimpangan prioritas harus ditunjukkan jelas dengan marka dan rambu. Pada dasarnya jalan utama memiliki prioritas. Suatu kondisi 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 sebagian besar persimpangan jalan utama atau jalan kecil didaerah pinggiran kota. Perubahan persimpangan prioritas ke persimpangan dengan isyarat lampu lalu lintas biasanya karena alasan kecelakaan atau volume lalu lintas yang meningkat. Kriteria pemasangan alat pemberi isyarat lalu lintas pada suatu simpang menurut Surat Keputusan Dirjen Perhubungan Darat Nomor: 273/HK.105/DR JD/96 tentang Pedoman Teknis Pengaturan Lalu Lintas di Persimpangan dengan perangkat Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas, adalah:

- a. Arus lalu lintas minimum yang menggunakan persimpangan rata – rata diatas 750 kendaraan/hari selama 8 jam secara terus menerus.
- b. Rata – rata waktu tunggu atau hambatan kendaraan di persimpangan telah melebihi 30 detik.
- c. Simpang tersebut rata – rata digunakan oleh lebih dari 175 pejalan kaki/jam selama 8 jam terus menerus.
- d. Sering terjadi kecelakaan pada persimpangan yang bersangkutan.

- e. Pada daerah yang bersangkutan dipasang suatu sistem pengendalian lalu lintas terpadu (Area Traffic Control/ATC)

3. Bundaran

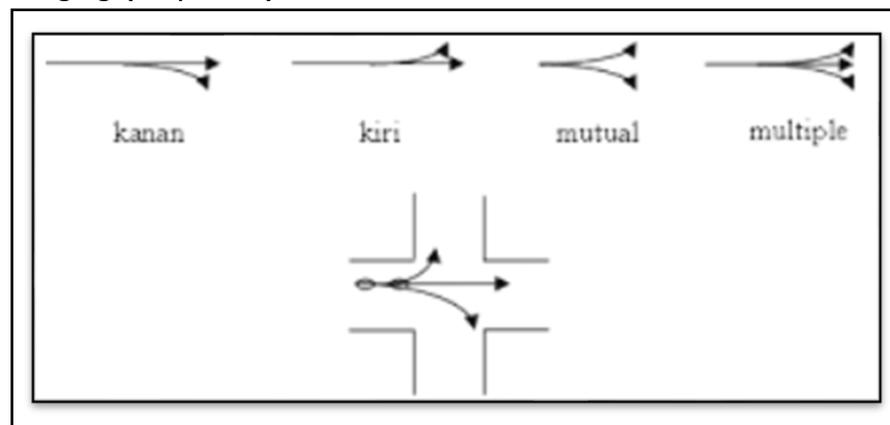
Bundaran lalu lintas merupakan alternatif terhadap isyarat lampu lalu lintas. Metode ini sangat bermanfaat jika direncanakan berdasarkan sistem pengaturan bundaran konvensional dengan daerah persilangan yang dapat menambah pilihan untuk menghasilkan tundaan yang lebih kecil jika dibandingkan dengan lampu lalu lintas. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kapasitas bundaran lalu lintas antara lain :

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

3.4 Pergerakan Kendaraan di Persimpangan

Persimpangan dibuat bertujuan dapat mengurangi potensi konflik antar kendaraan (termasuk pejalan kaki) dan sekaligus memberikan kenyamanan dan kebebasan bergerak bagi kendaraan. 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:

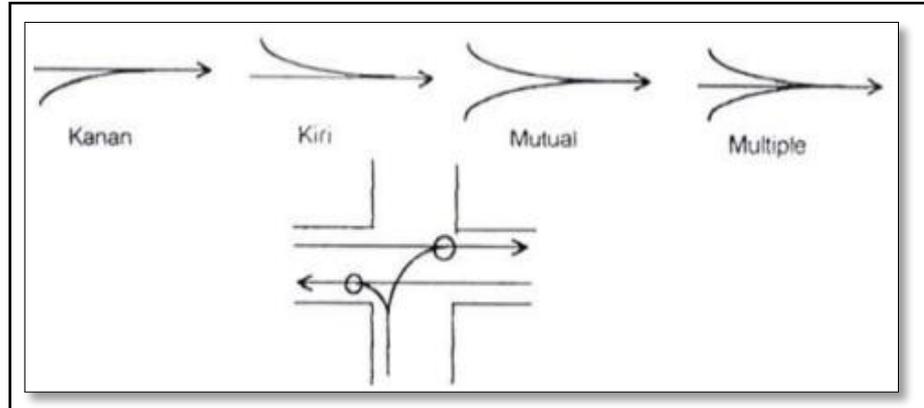
1. Diverging (Berpencar)



Sumber : Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas & Angkutan Kota (1999)

Gambar III. 2 Divergen (Berpencar)

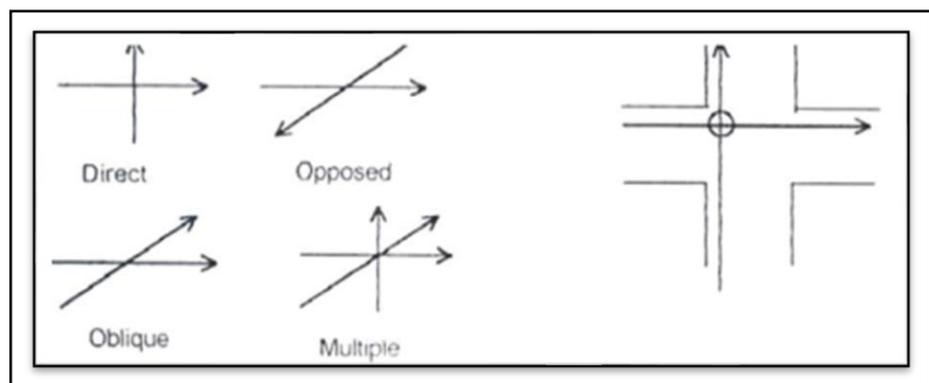
2. Merging (Menggabung)



Sumber : Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas & Angkutan Kota (1999)

Gambar III. 3 Merging (Menggabung)

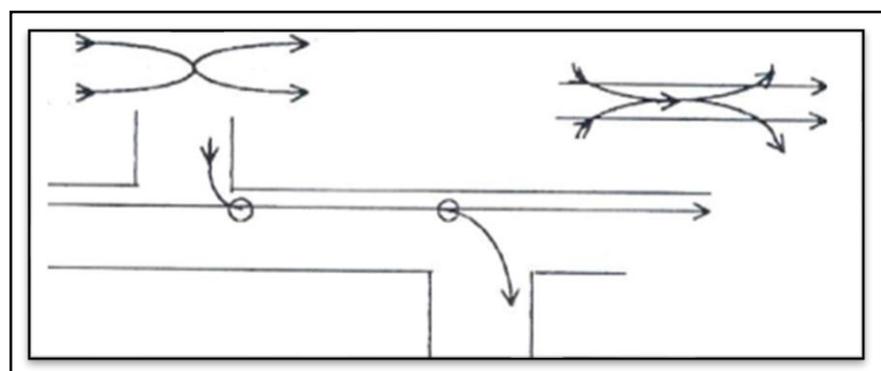
3. Crossing (Berpotongan)



Sumber : Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas & Angkutan Kota (1999)

Gambar III. 4 Crossing (Berpotongan)

4. Weaving (Menggabung lalu berpencar)



Sumber : Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas & Angkutan Kota (1999)

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 kemungkinan besar terjadi konflik. Adapun jumlah konflik pada suatu persimpangan tergantung pada :

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

3.5 Indikator Tingkat Kinerja Simpang

Indikator tingkat kinerja persimpangan meliputi derajat kejenuhan, tundaan, dan antrian. Berikut penjelasan dari indikator kinerja simpang

1. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas. Derajat kejenuhan ini digunakan sebagai faktor utama dalam menentukan tingkat kinerja simpang yang dihitung menggunakan arus lalu lintas dalam smp/jam dan kapasitas jalan tersebut. Berikut rumus derajat kejenuhan :

$$DS = \frac{Q}{C}$$

Sumber: MKJI, 1997

2. Tundaan

Tundaan merupakan tambahan waktu tempuh kendaraan yang diperlukan untuk melewati suatu simpang. Tundaan terdiri dari tundaan lalu lintas (DT) yang disebabkan oleh interaksi lalu lintas dengan gerakan kendaraan lain dan tundaan geometrik (DG) yang disebabkan perlambatan dan percepatan saat berbelok di persimpangan dan/atau berhenti saat keadaan lampu sedang merah. Tundaan dinyatakan dalam satuan det/smp. Berikut rumus yang digunakan:

$$D = DT + DG$$

Sumber: MKJI, 1997

Tundaan rata – rata lalu lintas didapat dari perhitungan dengan rumus:

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)} + \frac{NQ1 \times 3600}{c}$$

Sumber: MKJI, 1997

Tundaan geometrik rata-rata didapat dari perhitungan dengan rumus:

$$DGj = (1 - Psv) Pt \times 6 + (Psv \times 4)$$

Sumber: MKJI, 1997

3. Antrian

Antrian merupakan banyaknya jumlah kendaraan yang mengantri dalam suatu pendekat yang dinyatakan dalam satuan (kend; smp) sedangkan Panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat dinyatakan dalam meter (m). rumus- rumus berikut ini:

Mencari nilai NQ1

Untuk $DS > 0,5$

$$NQ1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right]$$

Untuk $DS \leq 0,5$; $NQ1 = 0$

Sumber: MKJI, 1997

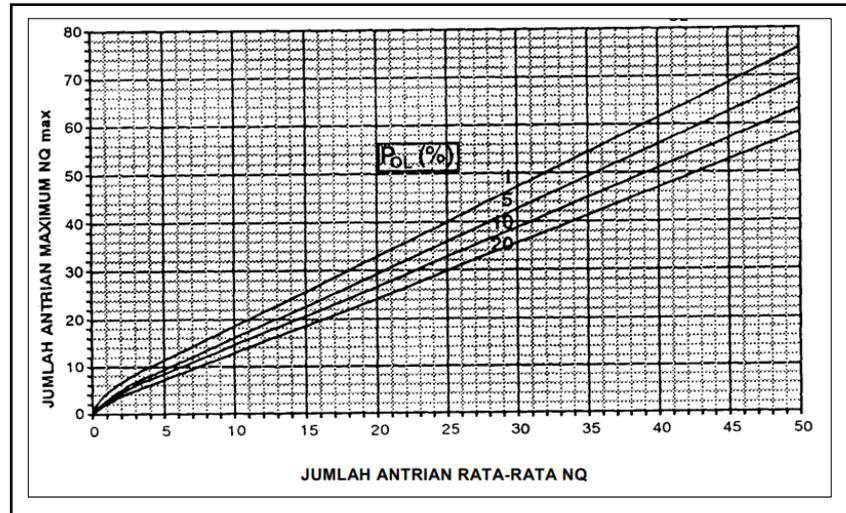
Mencari nilai NQ2 dengan rumus

$$NQ2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

Sumber: MKJI, 1997

Dari hasil perhitungan NQ1 dan NQ2 maka didapatkan jumlah antrian, kemudian menentukan NQmax dengan melihat

grafik perhitungan jumlah antrian dalam satuan smp. Berikut grafik penentuan jumlah antrian (NQmax)



Sumber: MKJI, 1997

Gambar III. 6 Grafik penentuan jumlah antrian maksimal

Langkah berikutnya menentukan panjang antrian dengan rumus:

$$QL = \frac{NQ_{max} \times 20}{W_{masuk}}$$

Sumber : MKJI, 1997

3.6 Simpang Bersinyal

Kumalawati dkk (2022) menyatakan pergerakan kendaraan pada simpang bersinyal ditentukan dengan berdasarkan warna yang menyala pada alat pemberi isyarat lalu lintas dengan prinsip kerja simpang untuk meminimalkan konflik. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kapasitas simpang bersinyal adalah waktu siklus. Waktu siklus merupakan urutan lengkap dari indikasi sinyal yang terdiri dari waktu sinyal merah, kuning, dan hijau dan kembali lagi ke waktu sinyal merah (Ferdianto 2021). Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997) menjelaskan istilah-istilah di dalam menganalisis kinerja simpang diantaranya :

1. Pendekat

Pendekat adalah daerah pada lengan persimpangan untuk kendaraan mengantri sebelum keluar melintasi garis berhenti.

2. Fase

Bagian dari siklus dengan lampu lalu lintas disediakan bagi kombinasi tertentu dan gerakan lalu lintas.

3. All Red (Waktu Merah Semua)

Waktu saat sinyal merah menyala bersamaan dalam pendekat – pendekat yang dilayani oleh dua fase sinyal yang bergerak berurutan (detik).

4. Amber (Waktu Kuning)

Waktu di mana warna lampu kuning menyala setelah hijau dalam sebuah pendekat (detik).

5. Antar Hijau

Periode kuning ditambah periode merah semua antara dua fase sinyal yang berurutan (detik).

6. Waktu Hilang

Jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap (det). Waktu hilang juga dapat juga diperoleh dari beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau disemua fase yang berurutan.

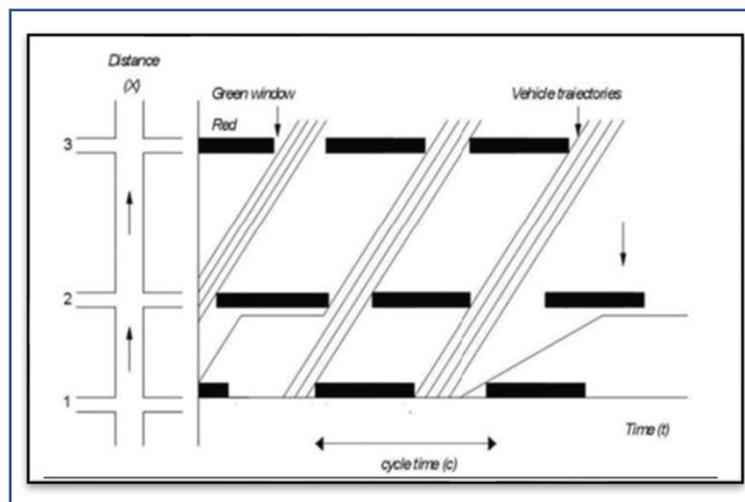
3.7 Koordinasi Sinyal Antar Simpang

Koordinasi sinyal antar simpang diperlukan untuk meningkatkan indeks kinerja persimpangan karena dengan adanya koordinasi sinyal diharapkan tundaan yang dialami kendaraan dapat berkurang. Kendaraan yang telah bergerak meninggalkan persimpangan diupayakan untuk tidak mendapat sinyal merah pada persimpangan berikutnya, sehingga kendaraan dapat melanjutkan perjalanan dengan kecepatan normal tanpa berhenti.

Pada situasi di mana terdapat beberapa simpang bersinyal yang mempunyai jarak yang cukup dekat maka seharusnya perlu dilakukan koordinasi sinyal sehingga kendaraan bergerak secara efisien melalui kumpulan sinyal-sinyal tersebut. Jarak kendaraan akan tetap mempertahankan grupnya adalah sekitar 300 meter (McShane dan Roess, 1990). Dalam melakukan koordinasi beberapa sinyal, diperlukan beberapa syarat yang harus dipenuhi sebagai berikut :

1. Jarak antar simpang yang dikoordinasikan tidak lebih dari 800 meter. Jika lebih dari 800 meter maka koordinasi sinyal tidak efektif
2. Semua sinyal harus memiliki durasi waktu siklus yang sama
3. Umumnya digunakan pada jaringan jalan utama (arteri atau kolektor) dan juga dapat digunakan untuk jaringan jalan yang berbentuk grid.
4. Terdapat sekelompok kendaraan (platoon) sebagai akibat sinyal lampu lalu lintas di bagian hulu.

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



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

Gambar III. 7 Prinsip Koordinasi Sinyal dan Greenwave

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. Rencana koordinasi simpang harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Platoon Dispersion

Platoon dispersion merupakan penyebaran iringan kendaraan selama menempuh suatu ruas penghubung antara 2 simpang yang berurutan. Semakin kecil penyebaran iringan maka semakin baik dalam mendukung keberhasilan sistem sinyal terkoordinasi. Hardianto (2020) menyampaikan koordinasi sinyal antar simpang akan efektif apabila pergerakan kendaraan yang melintasi ruas antar simpang berbentuk pleton. Dengan pola pergerakan kendaraan pada ruas berbentuk pleton maka dapat diupayakan sistem koordinasi sinyal yang mampu mempertahankan pleton di pendekat simpang bersinyal bersamaan dengan munculnya sinyal hijau.

2. Perhitungan Waktu Offset

Waktu offset dihitung berdasarkan jarak antar simpang yaitu dengan membagi jarak dengan kecepatan rata-rata ruas penghubung antar simpang. Hasil perhitungan waktu offset digunakan untuk menentukan mulai sinyal hijau di masing-masing persimpangan (Priadi dkk, 2020).

3. Penentuan Waktu Siklus yang Sama

Koordinasi sinyal harus memiliki waktu siklus yang sama, dimana waktu siklus optimum terbaik dari optimasi simpang yang dikoordinasikan. Optimasi waktu sinyal bertujuan untuk mendapatkan waktu siklus yang optimal, sehingga panjang antrian dan lama tundaan berkurang.

4. Diagram Koordinasi Simpang

Diagram koordinasi menggambarkan aliran pleton dari satu titik ke titik yang lain dan memberikan hubungan antara kedua titik. Berdasarkan hasil penggambaran menunjukkan aliran pleton yang terus mendapatkan waktu hijau baik dari selatan menuju utara atau sebaliknya. Istilah dalam diagram koordinasi antara lain :

a. Bandwith

Bandwith merupakan panjang lintasan yang mendapatkan sinyal hijau selama koordinasi sinyal. Bandwith ditentukan berdasarkan panjang antrian pada awal dimulainya koordinasi sinyal.

b. Offset

Offset merupakan perbedaan waktu antara dimulainya sinyal hijau pada simpang pertama dan awal hijau pada simpang berikutnya (Papacostas, 2005). Waktu offset didapat dari durasi waktu tempuh rata – rata kendaraan pada ruas penghubung simpang yang dapat dilihat dari diagram koordinasi. Namun, waktu offset juga dapat digunakan untuk memulai membentuk lintasan koordinasi.