

ANALISIS SIMPANG KOORDINASI DI SEPANJANG JALAN VETERAN

Hilyatuz Zakiya¹⁾, Agus Sumarsono²⁾, Slamet J. Legowo,³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2),3)} Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: hilya.zakiya@yahoo.co.id

Abstract

Nowadays, the number of vehicles in Indonesia keeps growing up, including in Surakarta. It can cause congestion. Applying traffic signals at the cross section is the solution to decrease the congestion, moreover in urban area. Veteran Street is a major road with three near cross sections, and there is a group of vehicles (platoon) which delays at each cross section, so if it is coordinated well, the movement of vehicles there can pass through those three traffic signals by a determined velocity (green wave speed). The research was performed to determine the cycle time of traffic lights, the performance of all cross sections along Veteran street before and after coordinated, and the value of green wave velocity. Location of the study is along Veteran street, at the cross section of Kapten Mulyadi, Sudiarto Brigjend, and Yos Sudarso Surakarta. The method to calculate the performance of the cross section is based on Highway Capacity Manual Indonesia (MKJI) 1997. Data retrieved at peak hour (7:00 to 9:00 a.m. and 3:00 p.m.-17:00 pm) on weekdays. The existing cycle time of Kapten Mulyadi (86 seconds), Brigjend Sudiarto (96 seconds), and Yos Sudarso (99 seconds), while the cycle time after coordination is equal to 96 seconds for the three cross sections. The calculation result of the performance of the coordinated cross section on major roads can be seen that the degree of saturation on the condition that has been coordinated decreased on average by 19,55 % at the morning and 8,03% in afternoon. Long queues at the conditions that have been coordinated decreased on average by 12,09 % at the morning and 8,88 % in afternoon. The amount of delay on the condition that has been coordinated decreased on average by 28,34 % at the morning and 20,22 % at the afternoon. Green wave velocity to pass through the cross section of Kapten Mulyadi-Yos Sudarso and vice versa is 30 km / h on the morning traffic, and 25 km / h for the afternoon traffic.

Keywords: Coordination of Cross Section, Cycle Time, Green Wave.

Abstrak

Dewasa ini, pertumbuhan jumlah kendaraan di Indonesia semakin meningkat termasuk di kota Surakarta. Hal tersebut dapat menyebabkan kemacetan. Salah satu cara untuk mengurangi masalah kemacetan adalah dengan pemasangan lampu lalu lintas (Traffic signal) pada daerah simpang terutama di perkotaan. Jalan Veteran merupakan jalan mayor yang terdapat tiga simpang yang saling berdekatan, dan terdapat sekelompok pergerakan kendaraan yang berjalan bersamaan (platoon) yang mengalami tundaan pada tiap simpang, sehingga jika dikoordinasikan dapat mengantarkan pengendara melalui ketiga simpang tersebut tanpa mendapatkan lampu merah dengan kecepatan yang telah ditentukan (kecepatan green wave). Penelitian dilakukan untuk mengetahui besar waktu siklus lampu lalu lintas, kinerja simpang semua simpang di sepanjang Jalan Veteran sebelum dan sesudah koordinasi, dan besar kecepatan green wave. Lokasi penelitian berada di sepanjang Jalan Veteran yaitu di simpang Kapten Mulyadi, simpang Brigjend Sudiarto, dan simpang Yos Sudarso kota Surakarta. Metode perhitungan kinerja simpang berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Data simpang diambil pada jam sibuk yaitu pukul 07.00-09.00 dan 15.00-17.00 WIB pada hari kerja. Besar waktu siklus eksisting pada simpang Kapten Mulyadi (86 detik), Brigjend Sudiarto (96 detik), dan Yos Sudarso (99 detik), sedangkan waktu siklus koordinasi yaitu sebesar 96 detik untuk ketiga simpang. Hasil perhitungan kinerja simpang koordinasi pada jalan mayor dapat diketahui bahwa nilai derajat kejenuhan setelah dikoordinasikan mengalami penurunan rata-rata sebesar 19,55 % pada pagi hari dan 8,03 % pada sore hari. Panjang antrian setelah dikoordinasikan mengalami penurunan rata-rata sebesar 12,09 % pada pagi hari dan 8,88 % pada sore hari. Jumlah tundaan setelah dikoordinasikan mengalami penurunan rata-rata sebesar 28,34 % pada pagi hari dan 20,22 % pada sore hari. Kecepatan green wave untuk dapat melewati simpang Kapten Mulyadi-Yos Sudarso dan sebaliknya adalah 30 km/jam pada lalu lintas pagi hari, dan 25 km/jam untuk lalu lintas sore hari.

Kata kunci: Simpang Koordinasi, Waktu Siklus, Gelombang Hijau.

PENDAHULUAN

Dewasa ini, pertumbuhan jumlah kendaraan di Indonesia semakin meningkat termasuk di kota Surakarta. Hal tersebut dapat menyebabkan permasalahan lalu lintas yaitu kemacetan. Untuk itu, salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah kemacetan adalah dengan pemasangan lampu lalu lintas (Traffic Signal) pada daerah simpang terutama di perkotaan yang merupakan titik konflik kemacetan akibat bertemunya dua ruas jalan atau lebih atau disebut simpang bersinyal. Jalan Veteran merupakan jalan mayor yang terdapat tiga simpang yang saling berdekatan (Kapten Mulyadi-Brigjend Sudiarto-Yos Sudarso), dan terdapat sekelompok pergerakan kendaraan yang berjalan bersamaan (platoon) yang mengalami tundaan pada tiap simpang, sehingga jika dikoordinasikan, platoon dapat berjalan dalam suatu lorong sinyal yang dapat mengantarkan pengendara melalui ketiga simpang tersebut tanpa mendapatkan lampu merah dengan kecepatan yang telah ditentukan (kecepatan green wave). Emal Zain MTB (2010), mengatakan bahwa salah satu penyelesaian masalah persimpangan yang dapat dilakukan adalah dengan mengkoordinasikan sinyal lampu lalu lintas pada keempat simpang. Perlakuan ini dilakukan dengan mengutamakan jalur utama yang bervolume lebih besar sehingga dapat menghindari tundaan

akibat lampu merah. Dengan demikian, kelambatan dan antrian panjang pun dapat diminimalisir. Oleh karena itu, kondisi *Green Wave* sangat penting untuk diciptakan dengan tujuan mengoptimalkan kinerja simpang dan untuk meminimalkan semua dampak negatif yang timbul dalam lalu lintas.

LANDASAN TEORI

Persimpangan merupakan bagian yang terpenting dari jalan raya, sebab sebagian besar dari efisiensi, kapasitas lalu lintas, kecepatan, biaya operasi, waktu perjalanan, keamanan dan kenyamanan bergantung pada perencanaan persimpangan tersebut. Jenis pengaturan lampu lalu lintas menggunakan pengaturan waktu tetap (*Pretime Controller*) yaitu system ini mengatur lama waktu siklus, fase, waktu hijau, merah, dan lainnya secara tetap sepanjang hari. Koordinasi sinyal antar simpang dibutuhkan untuk mengoptimalkan kapasitas jaringan jalan, mengurangi tundaan dan antrian yang panjang. Kendaraan yang telah bergerak meninggalkan satu simpang diupayakan tidak mendapati sinyal merah pada simpang berikutnya, sehingga dapat terus berjalan dengan kecepatan normal. Metode analisis yang dipakai mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 tentang simpang bersinyal.

METODE

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah melakukan survei pendahuluan untuk menentukan lokasi dan jam survei yang tepat. Tahap selanjutnya melakukan desain survei yang terdiri dari penentuan alat survei, tugas surveyor, jumlah surveyor, desain formulir survei, dan pengecekan formulir survei. Pengumpulan data untuk mendapatkan data primer yang berupa data geometri simpang, volume kendaraan simpang, waktu siklus simpang, waktu tempuh (*travel time*), dan jarak antar simpang, serta data sekunder yaitu data jumlah penduduk kota. Data yang terkumpul kemudian dianalisis dan dibahas dengan perhitungan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, selanjutnya dibandingkan antara kondisi eksisting dan setelah dilakukan koordinasi pada ketiga simpang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data

Data geometrik simpang didapatkan dengan cara survei langsung menggunakan *rollmeter*. Data ini akan dipakai untuk masukan dalam perhitungan waktu siklus dan kinerja simpang menggunakan MKJI 1997.

Tabel 1. Data Geometrik Simpang

Simpang	Kode Pendekat	Lebar Pendekat (m)			
		Pendekat (W_A)	Masuk (W_{ENTRY})	Belok Kiri Langsung (W_{LTOR})	Keluar (W_{EXIT})
Kapten Mulyadi	U	5,3	2,0	3,3	4,7
	T	3,6	2,1	1,5	3,6
	B	6,1	2,9	3,2	4,0
	U	3,3	1,8	1,5	3,1
Brigjend Sudiarto	S	5,4	3,1	2,3	4,8
	T	5,2	2,2	3,0	6,3
	B	6,3	3,1	3,2	4,7
	U	8,0	4,0	4,0	7,3
Yos Sudarso	S	7,4	4,0	3,4	7,3
	T	6,3	3,1	3,2	6,0
	B	6,1	3,1	3,0	6,0

Tabel 2. Penentuan Jam Puncak Pada Pagi Hari

Waktu	Jumlah Kendaraan (smp/jam)		
	Kapten Mulyadi	Brigjend Sudiarto	Yos Sudarso
07.00-08.00	975	967	1004
07.15-08.15	1134	1051	1116
07.30-08.30	1197	1102	1194
07.45-08.45	1168	1088	1192
08.00-09.00	1189	1017	1164

Tabel 3. Penentuan Jam Puncak Pada Sore Hari

Waktu	Jumlah Kendaraan (smp/jam)		
	Kapten Mulyadi	Brigjend Sudiarto	Yos Sudarso
15.00-16.00	795	725	935
15.15-16.15	917	832	1075
15.30-16.30	1016	935	1185
15.45-16.45	1073	973	1273
16.00-17.00	1097	995	1288

Dari tabel di atas terlihat jam puncak dengan jumlah kendaraan terbanyak pada pagi hari terjadi pada pukul 07.30-08.30 dan pada sore hari pada pukul 16.00-17.00 untuk ketiga simpang. Data jumlah kendaraan ini sebagai masukan juga dalam perhitungan waktu siklus dan kinerja simpang menggunakan MKJI 1997.

Tabel 4. Waktu Siklus Masing-masing Simpang

Pendekat	Kapten Mulyadi	Brigjend Sudiarto	Yos Sudarso	Waktu Antara/IG (detik)
	Waktu Hijau (detik)	Waktu Hijau (detik)	Waktu Hijau (detik)	
Utara	30	14	13	5
Selatan	-	21	20	5
Timur	20	23	22	5
Barat	23	18	24	5
Waktu Siklus (detik)	88	96	99	

Data waktu hijau tiap pendekat dan waktu siklus masing-masing simpang di atas digunakan untuk menghitung kinerja simpang eksisting sebelum dilakukan koordinasi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa waktu siklus pada pagi dan sore hari adalah sama pada masing-masing simpang atau disebut *Pretime Controller*.

Tabel 5. Waktu Tempuh Kendaraan Rata-rata Antar Simpang

Simpang	Waktu Tempuh Kendaraan Rata-Rata Pagi Hari (detik)	Waktu Tempuh Kendaraan Rata-Rata Sore Hari (detik)
Kapten Mulyadi-Brigjend Sudiarto	46.5	60.2
Brigjend Sudiarto-Yos Sudarso	79.5	91.2
Yos Sudarso-Brigjend Sudiarto	81.2	91.2
Brigjend Sudiarto-Kapten Mulyadi	47.8	59.0

Metode *floating car* bertujuan untuk menghitung waktu yang diperlukan kendaraan melakukan perjalanan antar simpang untuk kedua arah dengan menggunakan *stopwatch*. Data diambil pada lalu lintas pagi dan sore hari sebanyak enam kali untuk perjalanan antar simpang pada kedua arah, kemudian diambil nilai rata-ratanya.

Tabel 6. Jarak Antar Simpang

Simpang	Jarak (m)
Kapten Mulyadi-Brigjend Sudiarto	400
Brigjend Sudiarto-Yos Sudarso	600
Yos Sudarso-Brigjend Sudiarto	400
Brigjend Sudiarto-Kapten Mulyadi	600

Berdasarkan data di atas menunjukkan jarak antar simpang yang berbeda, sehingga akan digunakan prinsip koordinasi simpang pada jalan dua arah dengan jarak persimpangan yang tidak seragam.

Data sekunder berupa data jumlah penduduk kota Surakarta yang didapat dari Badan Pusat Statistika Kota Surakarta (BPS). Tahun 2013, jumlah penduduk kota Surakarta sebesar 578.892 jiwa. Data ini akan digunakan sebagai masukan dalam menentukan faktor penyesuaian ukuran kota untuk perhitungan MKJI.

Analisis Waktu Siklus

Waktu Siklus Eksisting

Hasil pengamatan waktu siklus berupa waktu hijau (g) dan waktu antar hijau (IG) masing-masing pendekat di tiap simpang dapat dilihat pada Tabel 4 di atas.

Waktu Siklus Koordinasi

Waktu siklus penyesuaian masing-masing simpang diperoleh dengan memasukkan data volume kendaraan dan data geometrik masing-masing simpang ke dalam perhitungan MKJI.

Tabel 6. Waktu Siklus Penyesuaian Hasil Perhitungan MKJI Pengamatan Pagi Hari

Simpang	Waktu Siklus Penyesuaian(detik) Pengamatan	Waktu Siklus Penyesuaian(detik) Pengamatan
	Pagi Hari	Sore Hari
Kapten Mulyadi	95	96
Brigjend Sudiarto	112	113
Yos Sudarso	125	124

Berdasarkan tabel di atas ditetapkan untuk trial waktu siklus pengamatan pagi hari digunakan nilai batas bawah sebesar 95 detik dan batas atas sebesar 125 detik (31 kali trial waktu siklus), sedangkan untuk trial waktu siklus pengamatan sore hari digunakan nilai batas bawah sebesar 96 detik dan batas atas sebesar 124 detik (29 kali trial waktu siklus).

Dari hasil perankingan didapatkan waktu siklus 96 detik yang akan digunakan sebagai waktu siklus koordinasi pengamatan pagi dan sore hari karena mendapatkan ranking terkecil dan kinerja simpang terbaik.

Analisis Kinerja Simpang

Variabel yang akan dihitung pada analisis kinerja simpang eksisting dan koordinasi antara lain: derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan rata-rata.

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kinerja Simpang Rata-rata Pada Jalan Mayor Sebelum dan Sesudah Evaluasi Masing-Masing Simpang Pagi Hari

Simpang	Waktu siklus (dtk)		Derajat Kejenuhan Rata-rata		Antrian Rata-rata (m)		Tundaan Rata-rata(smp/dtk)	
	Eksis ting	Koor dinasi	Eksis ting	Koor dinasi	Eksis ting	Koor dinasi	Eksis ting	Koor Dinasi
Kapten Mulyadi	88	96	0.741	0.564	108.5	91.26	54.4	35.81
Brigjend Sudiarto	96	96	0.987	0.772	155.9	95.23	150.2	53.07
Yos Sudarso	99	96	0.987	0.859	34.94	41.00	47.9	54.52

Berikut contoh perhitungan persentase perbandingan kinerja simpang eksisting dan koordinasi pagi hari tiap simpang untuk Simpang Kapten Mulyadi:

$$\% \text{ derajat kejenuhan} = \frac{\text{koordinasi-eksisting}}{\text{eksisting}} \times 100 = \frac{0,564 - 0,741}{0,741} \times 100 = -23,97 \% \text{ (negatif menunjukkan penurunan)}$$

Tabel 8. Persentase Perbandingan Kinerja Simpang Rata-rata Eksisting Dan Koordinasi Pagi Hari

Simpang	Derajat Kejenuhan Rata-rata (%)	Antrian Rata-rata (%)	Tundaan Rata-rata (%)
Kapten Mulyadi	-23,97 (turun)	-15,90(turun)	-34,18 (turun)
Brigjend Sudiarto	-21,74 (turun)	-38,84(turun)	-64,67(turun)
Yos Sudarso	-12,93 (turun)	18,48(naik)	13,82(naik)
Rata-rata	-19,55 (turun)	-12,09 (turun)	-28,34 (turun)

Berdasarkan tabel di atas terlihat bahwa nilai derajat kejenuhan, antrian dan tundaan rata-rata jalan mayor pada kondisi yang terkoordinasi mengalami penurunan dari kondisi eksisting pada pagi hari.

Tabel 9. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kinerja Simpang Rata-rata Pada Jalan Mayor Sebelum dan Sesudah Evaluasi Masing-Masing Simpang Sore Hari

Simpang	Waktu siklus (dtk)		Derajat Kejenuhan Rata-rata		Antrian Rata-rata (m)		Tundaan Rata-rata(smp/dtk)	
	Eksis ting	Koor dinasi	Eksis ting	Koor Dinasi	Eksis ting	Koor dinasi	Eksis ting	Koor Dinasi
Kapten Mulyadi	88	96	0,620	0,471	76,76	73,69	37,19	32,63
Brigjend Sudiarto	96	96	0,906	0,852	291,0	145,7	353,9	107,5
Yos Sudarso	99	96	0,781	0,826	37,17	47,32	49,44	59,95

Tabel 10. Persentase Perbandingan Kinerja Simpang Rata-rata Eksisting Dan Koordinasi Sore Hari

Simpang	Derajat Kejenuhan Rata-rata (%)	Antrian Rata-rata (%)	Tundaan Rata-rata (%)
Kapten Mulyadi	-23,97 (turun)	-3,99(turun)	-12,28 (turun)
Brigjend Sudiarto	-5,90 (turun)	-49,93(turun)	-69,63(turun)
Yos Sudarso	5,79 (naik)	27,29(naik)	21,25(naik)
Rata-rata	-8,03 (turun)	-8,88 (turun)	-20,22 (turun)

Berdasarkan tabel di atas terlihat bahwa nilai derajat kejenuhan, antrian, dan tundaan rata-rata jalan mayor mengalami penurunan dari kondisi eksisting pada sore hari.

Analisis Kecepatan Green Wave

Berdasarkan Waktu Tempuh Eksisting Antar Simpang

Berdasarkan waktu tempuh eksisting antar simpang pada pengamatan pagi dan sore hari dapat dihitung kecepatan *Green Wave* sebagai berikut:

Tabel 11. Data Hasil Perhitungan Kecepatan *Green Wave*

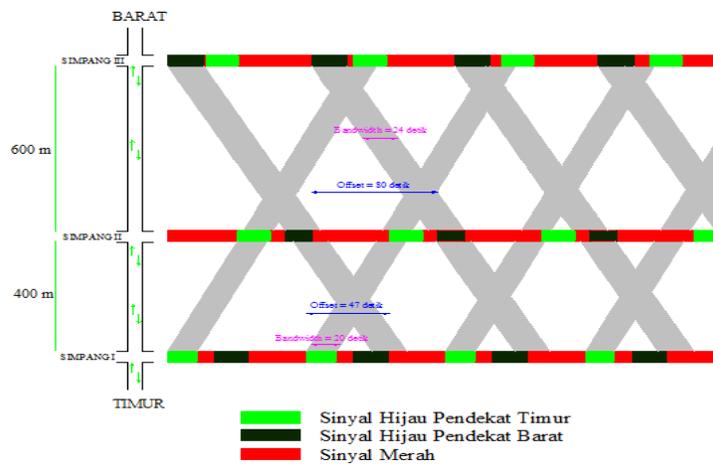
Simpang	Kecepatan <i>Green Wave</i> Rencana Pada Pagi	Kecepatan <i>Green Wave</i> Rencana Pada Sore
	Hari (km/jam)	Hari (km/jam)
Kapten Mulyadi - Brigjend Sudiarto	30.97	23.92
Brigjend Sudiarto- Yos Sudarso	27.17	23.68
Yos Sudarso- Brigjend Sudiarto	26.60	23.68
Brigjend Sudiarto- Kapten Mulyadi	30.13	24.41

Tabel 12. Data Hasil Perhitungan Rata-rata Kecepatan *Green Wave*

Simpang	Kecepatan <i>Green Wave</i> Rencana	Kecepatan <i>Green Wave</i> Rencana
	Pada Pagi Hari (km/jam)	Pada Sore Hari (km/jam)
Kapten Mulyadi- Brigjend Sudiarto	30.55	24.16
Brigjend Sudiarto- Yos Sudarso	26.89	23.68
Rata-rata	28.72	23.92

Berdasarkan hasil di atas menunjukkan bahwa kecepatan *Green Wave* rencana pada pagi hari memiliki selisih dengan kecepatan *Green Wave* sore hari, sehingga ditetapkan besar kecepatan *Green Wave* untuk pagi sebesar 30 km/jam dan 25 km/jam untuk sore hari karena kecepatan tersebut mendekati kecepatan eksisting di lapangan agar tercipta kondisi *Green Wave*.

Berikut akan ditampilkan diagram aliran *platoon* pada kondisi eksisting untuk mengetahui aliran perjalanan *platoon* dari arah Barat ke Timur ataupun sebaliknya.



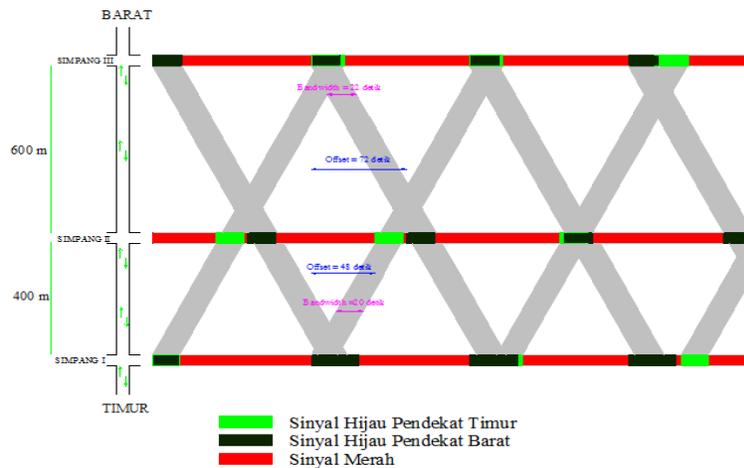
Gambar 1. Diagram Aliran *Platoon* pada Kondisi Eksisting

Berdasarkan gambar di atas terlihat bahwa pada kondisi eksisting, *platoon* yang berjalan dari simpang Kapten Mulyadi ke simpang Yos Sudarso ataupun sebaliknya masih menyentuh sinyal merah sehingga mendapatkan arus yang terputus, maka tidak didapatkan suatu kecepatan *Green Wave* untuk kedua arah, sehingga perlu ditetapkan waktu siklus untuk ketiga simpang yang telah dikoordinasikan yaitu sebesar 96 detik untuk ketiga simpang dengan cara mentrial besar waktu hijau tiap pendekat. Berikut akan ditampilkan pembagian waktu hijau tiap pendekat masing-masing simpang.

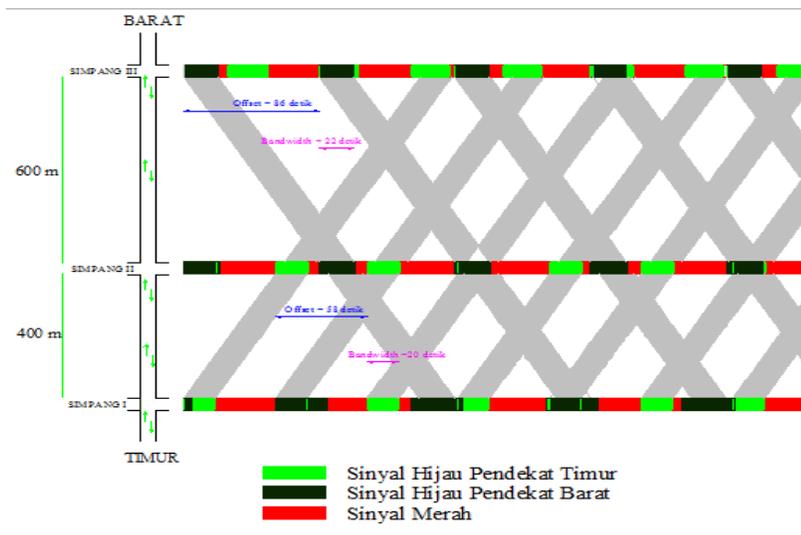
Tabel 13. Waktu Hijau Tiap Pendekat Masing-masing Simpang Setelah Koordinasi

Pendekat	Waktu Hijau (detik)		
	Kapten Mulyadi	Brigjend Sudiarto	Yos Sudarso
Utara	28	16	14
Timur	20	21	15
Barat	33	16	25
Selatan	-	23	22

Koordinasi simpang yang telah dilakukan di atas bertujuan untuk mendapatkan suatu aliran *platoon* dengan arus yang tidak terputus dengan mengplotkan waktu hijau dan waktu tempuh tiap simpang pada jalan mayor seperti gambar berikut.



Gambar 2. Diagram Aliran *Platoon* pada Kondisi Koordinasi Pagi Hari



Gambar 3. Diagram Aliran *Platoon* pada Kondisi Koordinasi Sore Hari

Diagram di atas menunjukkan aliran *platoon* yang tidak terputus untuk kedua arah pada pagi hari (30 km/jam) dan sore hari (25 km/jam), dengan besar offset arah Timur-Barat 48 detik dan bandwidth 20 detik, sedangkan besar offset arah Barat-Timur 72 detik dan bandwidth 22 detik untuk koordinasi pagi hari. Besar offset arah Timur - Barat 58 detik dan bandwidth 20 detik, sedangkan besar offset arah Barat-Timur 86 detik dan bandwidth 22 detik untuk koordinasi sore hari.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Waktu Siklus

Besarnya waktu siklus eksisting untuk ketiga simpang berbeda-beda yakni Kapten Mulyadi (86 detik), Brigjend Sudiarto (96 detik), dan Yos Sudarso (99 detik), sedangkan waktu siklus setelah koordinasi yaitu sebesar 96 detik untuk ketiga simpang.

2. Hasil perhitungan kinerja simpang koordinasi pada jalan mayor pada pengamatan pagi dan sore hari dapat diketahui bahwa:
 - Nilai derajat kejenuhan pada kondisi yang telah dikoordinasikan mengalami penurunan rata-rata sebesar 19,55 % pada pengamatan pagi hari dan mengalami penurunan rata-rata sebesar 8,03 % pada pengamatan sore hari.
 - Panjang antrian pada kondisi yang telah dikoordinasikan mengalami penurunan rata-rata sebesar 12,09 % pada pengamatan pagi hari dan mengalami penurunan rata-rata sebesar 8,88 % pada pengamatan sore hari.
 - Jumlah tundaan pada kondisi yang telah dikoordinasikan mengalami penurunan rata-rata sebesar 28,34 % pada pengamatan pagi hari dan mengalami penurunan rata-rata sebesar 20,22 % pada pengamatan sore hari.
3. Kecepatan *Green Wave* yang disarankan pada kendaraan yang melewati simpang Kaptan Mulyadi-Yos Sudarso dan sebaliknya yaitu dengan kecepatan 30 km/jam untuk lalu lintas pagi hari dan 25 km/jam untuk lalu lintas sore hari.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Ir. Agus Sumarsono, MT dan S.J Legowo, ST, MT yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Adhidarma, Aristoteles W. 1999. *Analisa Tingkat Layanan Lampu Lalu Lintas Di Perempatan Jalan Slamet Riyadi (Dari Gendhengan-Gladag) Dalam Tinjauan Menciptakan Keadaan Green Wave*. Surakarta.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO). 2001. *A Policy on Geometric Design of Highway and Streets*. AASHTO: Washington, DC.
- Anonim. 2013. *Catatan Kuliah Rekayasa dan Manajemen Lalu Lintas Lanjut*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Aminsyah, Muhammad. 2002. *Optimalisasi Kinerja Lalu Lintas di Jaringan Jalan Utama Kota Padang*. Semarang: Tesis Magister Teknik Sipil Transportasi Universitas Diponegoro Semarang.
- Hobbs, F.D.1995. *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Julianto, Eko Nugroho. 2007. *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Simpang Bangkok dan Simpang Milo Semarang Berdasarkan Konsumsi Bahan Bakar Minyak*. Semarang: Tesis Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.
- Khisty, C.J. and Lall, B.K. 2005. *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi Jilid 1 Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga
- Khisty, C.J. and Lall, B.K. 2006. *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi Jilid 11 Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga
- MTB, Zain Emal. 2010. *Analisa dan Koordinasi Sinyal Antar Simpang Pada Ruas Jalan Diponegoro Surabaya*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Oglesby, C. H. and Hick, R. G. 1982. *Teknik Jalan Raya*. Jakarta: Erlangga
- Papacostas, C.S and Prevedouros, P.D. 2005. *Transportation Engineering and Planing*.Singapura:Prentice Hall Inc
- Tamin, Ofyar Z. 2000. *Perencanaan Dan Pemodelan Transportasi*. Bandung : ITB.
- Wijaya A, Amanda. 2011. *Analisis Kinerja dan Waktu Siklus Lalu Lintas di Persimpangan Jalan Slamet Riyadi (Simpang Gendhengan-Nonongan) Untuk Mengevaluasi Keadaan Green Wave*. Surakarta :Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Zega, Meiman. 2013. *Analisa Koordinasi Sinyal Antar Simpang (StudiKasus : Jl. Jamin Ginting – Jl. Pattimura – Jl. Mongonsidi)*. Medan :Skripsi Bidang Studi Transportasi Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara Medan.
- _____. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum RI