

ANALISIS SIMPANG KOORDINASI DI SEPANJANG JALAN KAPTEN MULYADI

Anisa Anggriani¹⁾, 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: anisanggriani19@gmail.com

Abstract

Kapten Mulyadi street is a street Surakarta which located between big trade centers, like PGS (Pusat Grosir Solo), BTC (Beteng Trade Center), Luwes, mini stores, and also schools. This major street contains three cross sections, which are close to each other, so if it is coordinated, it will make the riders through the cross sections with no stop light by a preliminary velocity which approach existing condition. The data obtained are the volume of the cross sections, cycle times and geometric cross sections. Data collection was done by surveying at the intersection RE Martadinata, Agus Salim dan Untung Suropati. The analysis is used to determine the number of coordination cycle time, cross section's performance before and after coordination, and green wave velocity. The calculation method for the number of coordination cycle time is used scoring and cross section's performance is based on Indonesian Highway Capacity Manual (MKJI) 1997. According to the analysis, obtained the existing cycle time for the three cross sections are different. They are 133 seconds at RE Martadinata cross section, 130 seconds at Agus Salim cross section, and 86 seconds at Untung Suropati cross section. Meanwhile, the coordination cycle time for the three cross sections is 109 seconds in the morning and in the evening. It can decrease the degree of saturation on average by 16,47% in the morning and 16,96% in the evening. Queue length is decreased on average by 29,44% in the morning and 31,32% in the evening. The amount of delay is decreased on average by 45,59% in the morning and 50,18% in the evening. Green wave velocity suggested from RE Martadinata to Agus Salim cross section is 30 km/hours and 20 km/hours from the Agus Salim to Untung Suropati cross section in the morning and evening.

Keywords : Cycle time, Cross section's Coordination, Green Wave.

Abstrak

Jalan Kapten Mulyadi adalah salah satu jalan di kota Surakarta yang membagi daerah pusat keramaian dan kegiatan seperti pusat perbelanjaan PGS (Pusat Grosir Solo), BTC (Beteng Trade Center), Luwes, pertokoan dan sekolah. Jalan ini merupakan jalan mayor yang terdapat tiga simpang berdekatan, sehingga jika dikoordinasikan dapat mengantarkan pengendara melalui ketiga simpang tersebut tanpa mendapatkan lampu merah dengan kecepatan *green wave* rencana yang mendekati kondisi eksisting. Data yang diambil adalah volume simpang, waktu siklus lalu lintas dan geometrik simpang dengan cara survei manual di simpang RE Martadinata, Agus Salim dan Untung Suropati. Analisis dilakukan untuk mengetahui besar waktu siklus koordinasi, kinerja simpang sebelum dan sesudah koordinasi, dan besar kecepatan *green wave*. Metode perhitungan waktu siklus koordinasi menggunakan metode perangkingan dan untuk kinerja simpang berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Berdasarkan hasil analisis, maka diperoleh besar waktu siklus eksisting untuk ketiga simpang berbeda-beda yakni RE Martadinata (133 detik), Agus Salim (130), dan Untung Suropati (86 detik). Sedangkan waktu siklus setelah koordinasi adalah 109 detik untuk ketiga simpang pada pagi dan sore hari. Hasil perhitungan kinerja simpang koordinasi pada jalan mayor adalah nilai derajat kejenuhan mengalami penurunan rata-rata sebesar 16,47% pada pagi hari dan 16,96% pada sore hari. Panjang antrian mengalami penurunan rata-rata sebesar 29,44% pada pagi hari dan 31,32% pada sore hari. Jumlah tundaan mengalami penurunan rata-rata sebesar 45,59% pada pagi hari dan 50,18% pada sore hari. Kecepatan *green wave* rencana saat melewati simpang RE Martadinata sampai dengan Agus Salim adalah 30 km/jam dan 20 km/jam pada simpang Agus Salim sampai dengan Untung Suropati untuk lalu lintas pagi dan sore hari.

KataKunci: Waktu Siklus, Simpang Koordinasi, *Green Wave*.

PENDAHULUAN

Jalan Kapten Mulyadi adalah salah satu jalan di kota Surakarta yang membagi daerah pusat keramaian dan kegiatan seperti pusat perbelanjaan PGS (Pusat Grosir Solo), BTC (Beteng Trade Center), Luwes, pertokoan dan sekolah. Pada ruas tersebut terdapat tiga simpang bersinyal yaitu simpang RE Martadinata, Agus Salim, dan Untung Suropati. Di ketiga simpang tersebut terkadang timbul permasalahan terlebih jarak antar simpang tersebut pendek. Permasalahan yang terjadi adalah kendaraan harus selalu berhenti pada tiap simpang karena selalu mendapat sinyal merah. Hal ini menimbulkan ketidaknyamanan pengendara, selain itu menambah panjang antrian dan lamanya tundaan. Untuk itu perlu dilakukan pengkoordinasian sinyal lampu lalu lintas pada ketiga simpang. Perlakuan ini dilakukan dengan mengutamakan jalan mayor yang bervolume lebih besar. Sehingga keterlambatan dan antrian panjang dapat berkurang.

LANDASAN TEORI

Simpang Koordinasi

Menurut Taylor dkk (1996), koordinasi antar simpang bersinyal merupakan salah satu jalan untuk mengurangi tundaan dan antrian. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam mengkoordinasikan sinyal, yaitu:

1. Waktu siklus pada sinyal tiap simpang diusahakan sama, hal ini untuk mempermudah menentukan selisih nyala sinyal hijau dari simpang yang satu dengan simpang berikutnya.
2. Sebaiknya pola pengaturan simpang yang dipergunakan adalah *fixed time signal*, karenakoordinasi sinyal dilakukan secara terus menerus.

Berdasarkan panjang ruas, Mc Shane (1990) menyatakan bahwa apabila jarak antara dua simpang kurang dari 800 meter, maka lampu lalu lintas yang dipasang sebaiknya dikoordinasikan.

Gelombang Hijau (*Green Wave*)

Kendaraan yang telah bergerak (pada kecepatan yang telah ditetapkan) meninggalkan satu simpang diupayakan memperoleh lampu hijau pada simpang berikutnya. Kondisi ini disebut gelombang hijau (*green wave*). Beberapa variabel penting yang harus dihitung dan ditetapkan untuk mengkondisikan *green wave* pada suatu sistem lalu lintas adalah waktu siklus dan kecepatan *green wave*. Waktu siklus ditentukan dengan menggunakan metode perangkungan dimana terlebih dahulu menentukan *range* untuk trial waktu siklus yang diperoleh menggunakan metode MKJI. Waktu siklus terkecil (dipilih satu dari tiga waktu siklus pada ketiga simpang yang ada) digunakan sebagai batas bawah, sedangkan yang terbesar digunakan sebagai batas atas. Selanjutnya, derajat kejenuhan, antrian, dan tundaan untuk tiap waktu siklus diberikan skor. dimana jumlah antrian atau tundaan yang paling sedikit diberi skor terbesar. Sedangkan jumlah antrian atau tundaan yang paling besar diberi skor terkecil. Untuk derajat kejenuhan, skor terkecil diberikan untuk yang bernilai 1, sedangkan skor terbesar untuk yang bernilai 0. Untuk derajat kejenuhan, jumlah antrian dan tundaan yang berada di antara skor terkecil dan terbesar akan dihitung skornya dengan cara interpolasi. Skor derajat kejenuhan, antrian, dan tundaan untuk tiap trial waktu siklus dijumlah, kemudian ditentukan rangkingnya, dengan ketentuan jumlah skor ketiga variabel yang paling banyak mendapat rangking terkecil, sedang jumlah skor ketiga variabel yang paling sedikit mendapat rangking terbesar.

Teori MKJI

Dalam penggunaa MKJI, harus mengetahui karakteristik lalu lintas terlebih dahulu. Mulai dari fase sinyal, waktu kuning, waktu antar hijau (*intergreen*), waktu merah semua (*all red*), waktu hilang (*lost time*), waktu siklus sebelum dan sesudah penyesuaian, dan waktu hijau.

Arus lalu lintas untuk setiap gerakan (belok kiri, lurus, dan belok kanan) dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan terlindung dan terlawan. Pada saat awal hijau, kendaraan membutuhkan beberapa waktu untuk memulai pergerakan dan kemudian sesaat setelah bergerak sudah mulai terjadi antrian pada kecepatan normal. Keadaan ini disebut arus jenuh. Arus jenuh yang dihitung adalah arus jenuh dasar (S_0) dan arus jenuh (S) yang dinyatakan sebagai hasil perkalian arus jenuh dasar (S_0) dengan faktor penyesuaian (F).

Kapasitas pada persimpangan (C) didasarkan pada konsep dan angka arus aliran jenuh (*Saturation Flow*). Angka *Saturation Flow* didefinisikan sebagai angka maksimum arus yang dapat melewati pendekatan pertemuan jalan menurut kontrol lalu lintas yang berlaku dan kondisi jalan *Saturation Flow* dinyatakan dalam unit kendaraan per jam pada waktu lampu hijau.

Kinerja simpang yang dihitung adalah derajat kejenuhan (D), Panjang Antrian, dan tundaan. Derajat kejenuhan merupakan perbandingan antara arus lalu lintas (Q) dengan kapasitas masing-masing pendekatan (C). Sedangkan panjang antrian adalah panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekatan dan antrian dalam jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekatan (smp). Dan tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melewati simpang bila dibandingkan dengan situasi tanpa simpang.

METODE PENELITIAN

Peneliti menggunakan metode survey manual dan analisis. Survei yang pertama kali dilakukan adalah survei pendahuluan guna menentukan lokasi dan waktu survei. Selanjutnya menentukan alat dan formulir survei, jumlah dan tugas surveyor sebagai persiapan survei data primer. Data primer terdiri dari kondisi geometri simpang, volume kendaraan simpang, waktu siklus, waktu tempuh dan jarak antar simpang. Sedangkan data sekunder merupakan jumlah penduduk kota Surakarta yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik kota Surakarta. Selanjutnya data-data yang diperoleh diolah dan dianalisis sehingga diperoleh tiga data yaitu waktu siklus eksisting dan koordinasi, kinerja simpang eksisting dan koordinasi, dan kecepatan *green wave*. Lalu data-data tersebut

dibandingkan, untuk waktu siklus dan kinerja simpang, kondisi eksisting dibandingkan dengan koordinasi. Sedangkan untuk kecepatan *green wave* ditentukan dari kecepatan rencana yang mendekati kondisi eksisting..

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Geometrik Simpang

Jalan Kapten Mulyadi terdiri dari dua jalur dan dua lajur tanpa median. Kondisi dan geometrik persimpangan diperlihatkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Kondisi dan Geometrik Simpang

Simpang	Pendekat	Jarak ke Kendaraan Parkir (m)	Lebar Pendekat (m)			
			W_A	W_{ENTRY}	$W_{L/TOR}$	W_{EXIT}
RE Martadinata	Utara	3	4.5	3.5	1	4.5
	Timur		4	4	0	3.3
	Selatan		4.3	4.3		4.5
	Barat		3.7	2.7	1	4.5
Agus Salim	Utara		5	4	1	6
	Timur		3.8	1.8	2	2.5
	Selatan		4	4		4.5
	Selatan ke Timur		2	2		4.5
Untung Suropati	Barat		6.5	3.5	3	4.5
	Utara		5.5	4	1.5	5.4
	Timur		3.7	2.7	1	3.3
	Selatan		5	3.5	1.5	3.8
	Barat		3.7	2.7	1	3.5

Data Volume Simpang

Jam puncak pagi dan sore ditentukan dengan menjumlah kendaraan tiap jam dikali dengan nilai emp dan dinyatakan dengan satuan smp/jam.

Tabel 2. Rekapitulasi Volume Simpang Pada Jam Puncak Pagi dan Sore hari

Simpang	Total Jumlah Kendaraan Jam Puncak Pagi Hari (smp/jam)	Total Jumlah Kendaraan Jam Puncak Sore Hari (smp/jam)
RE Martadinata	1432	1480
Agus Salim	1720	1944
Untung Suropati	1825	1893

Data Waktu Siklus

Untuk mendapatkan waktu hijau eksisting dilakukan tiga kali pengamatan untuk mendapatkan waktu hijau yang tepat, yaitu dengan mencari rata-ratanya dengan menjumlah waktu hijau pengamatan ke-1 sampai ke-3 lalu kemudian dibagi tiga.

Tabel 3. Waktu Siklus Tiap Simpang

Simpang	Pendekat	Waktu (detik)		
		Hijau	Antara	Siklus
RE Martadinata	Utara	28	5	133
	Timur	43	5	
	Selatan	38	5	
	Barat	7	5	
Agus Salim	Utara	26	5	130
	Timur & Barat	14	5	
	Selatan	51	5	
	Selatan ke Timur	19	5	
Untung Suropati	Utara	32	5	86
	Timur & Barat	17	5	
	Selatan	22	5	

Data Waktu Tempuh

Waktu tempuh diperoleh dengan melakukan survei *floating car test* sebanyak enam kali dan dirata-rata.

Tabel 4. Waktu Tempuh Rata-rata Antar Simpang

Simpang	Waktu Tempuh Rata-rata (detik)	
	Pagi Hari	Sore Hari
RE Martadinata-Agus Salim	54	57
Agus Salim-Untung Suropati	71	75
Untung Suropati-Agus Salim	89	82
Agus Salim-RE Martadinata	52	58

Data Jarak Antar Simpang

Jarak antar simpang diperoleh dari *GPS (Global Position Satelite)*.

Tabel 5. Jarak Antar Simpang

Simpang	Jarak (meter)
RE Martadinata-Agus Salim	400
Agus Salim-Untung Suropati	400
Untung Suropati-Agus Salim	400
Agus Salim-RE Martadinata	400

Data Jumlah Penduduk

Berdasarkan Badan Pusat Statistika Kota Surakarta (BPS), data jumlah penduduk Surakarta sebesar 578.892 jiwa untuk tahun 2013.

Analisis dan Pembahasan

Analisis Waktu Siklus

Waktu siklus koordinasi diperoleh dengan metode perangkungan. Untuk trial waktu siklus pagi hari digunakan nilai batas bawah sebesar 103 detik dan batas atas sebesar 153 detik (51 kali trial waktu siklus). Sedangkan untuk trial waktu siklus sore hari digunakan nilai batas bawah sebesar 109 detik dan batas atas sebesar 171 detik (63 kali trial waktu siklus). Selanjutnya, derajat kejenuhan, antrian, dan tundaan untuk tiap waktu siklus diberikan skor. dimana jumlah antrian atau tundaan yang paling sedikit diberi skor 10. Sedangkan jumlah antrian atau tundaan yang paling besar diberi skor 1. Untuk derajat kejenuhan, skor 1 diberikan untuk yang bernilai 1, sedangkan skor 10 untuk yang bernilai 0. Untuk derajat kejenuhan, jumlah antrian dan tundaan yang berada di antara skor terkecil dan terbesar akan dihitung skornya dengan cara interpolasi. Skor derajat kejenuhan, antrian, dan tundaan untuk tiap trial waktu siklus dijumlah, kemudian ditentukan rangkingnya, dengan ketentuan jumlah skor ketiga variabel yang paling banyak mendapat rangking terkecil, sedang jumlah skor ketiga variabel yang paling sedikit mendapat rangking terbesar.

Pembahasan

Berdasarkan metode perangkungan, maka ditentukan waktu siklus koordinasi sebesar 109 detik yang merupakan rangking terkecil dengan skor terbanyak.

Analisis Kinerja Simpang

Tabel 6. Rekapitulasi Kinerja Rata-rata Simpang Pada Jalan Mayor Sebelum dan Sesudah Koordinasi Pada Pengamatan Lalu Lintas Pagi Hari

Simpang	Waktu Siklus (detik)		Derajat Kejenuhan		Panjang Antrian (m)		Tundaan (smp/detik)	
	Eks	Koor	Eks	Koor	Eks	Koor	Eks	Koor

RE Martadinata	136	109	0.730	0.621	123.85	95.47	56.61	36.53
Agus Salim	130	109	0.870	0.633	220.46	94.78	183.50	34.47
Untung Suropati	86	109	1.058	0.982	438.94	402.04	352.83	282.02

Tabel 7. Rekapitulasi Kinerja Rata-rata Simpang Pada Jalan Mayor Sebelum dan Sesudah Koordinasi Pada Pengamatan Lalu Lintas Sore Hari

Simpang	Waktu Siklus (detik)		Derajat Kejenuhan		Panjang Antrian (m)		Tundaan (smp/detik)	
	Eks	Koor	Eks	Koor	Eks	Koor	Eks	Koor
RE Martadinata	136	109	0.7161	0.6123	123	95	55.73	35.99
Agus Salim	130	109	0.9139	0.6491	209	97	167.30	32.11
Untung Suropati	86	109	0.9874	0.9142	321	264	239.93	157.58

Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis, dapat diketahui bahwa derajat kejenuhan, antrian dan tundaan pada jalan mayor setelah koordinasi mengalami penurunan yang berarti kinerja ketiga simpang meningkat pada pagi ataupun sore hari. Persentase peningkatan kinerja tersebut dapat dilihat dalam tabel 8.

Tabel 8. Peningkatan Kinerja Rata-rata Simpang Pada Jalan Mayor Sebelum dan Sesudah Koordinasi Pada Pengamatan Lalu Lintas Pagi dan Sore Hari

Simpang	Kondisi Pagi Hari			Kondisi Sore Hari		
	Derajat Kejenuhan (%)	Panjang Antrian (%)	Tundaan (%)	Derajat Kejenuhan (%)	Panjang Antrian (%)	Tundaan (%)
RE Martadinata	14.99	22.91	35.48	14.50	22.52	35.42
Agus Salim	27.23	57.01	81.22	28.98	53.66	80.80
Untung Suropati	7.20	8.41	20.07	7.41	17.79	34.32
Rata-rata	16.47	29.44	45.59	16.96	31.32	50.18

Analisis Kecepatan *Green Wave*

Kecepatan *green wave* diperoleh berdasarkan waktu tempuh eksisting dan peraturan pemerintah. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan, bahwa kecepatan minimal ideal untuk jalan perkotaan minimum adalah 30 km/jam. Sedangkan berdasarkan waktu tempuh eksisting diperlihatkan dalam tabel 9.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Kecepatan *Green Wave* Rencana Masing-masing Simpang Berdasarkan Waktu Tempuh Eksisting Pada Pengamatan Pagi dan Sore Hari

Simpang	Kecepatan <i>Green Wave</i> Rencana (km/jam)	
	Pagi Hari	Sore Hari
RE Martadinata-Agus Salim	27	25
Agus Salim-Untung Suropati	20	19
Untung Suropati-Agus Salim	16	18
Agus Salim-RE Martadinata	28	25

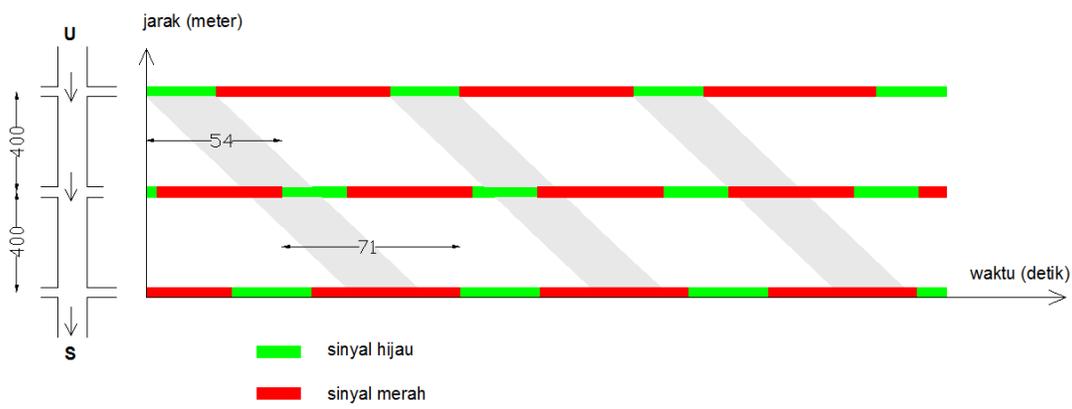
Pembahasan

Berdasarkan analisis waktu tempuh eksisting dan peraturan pemerintah, dipilih kecepatan *green wave* rencana yang mendekati eksisting karena kecepatan tersebut adalah kecepatan riil yang dirasakan oleh pemakai jalan saat melintas jalan utama, yaitu 20 dan 30 km/jam dimana pada simpang RE Martadinata-Agus Salim direncanakan 30 km/jam pada pagi dan sore hari. Sedangkan pada simpang Agus Salim-Untung Suropati direncanakan 20 km/jam pada pagi dan sore hari. Berdasarkan kecepatan *green wave* tersebut dapat diperoleh waktu tempuh rencana (*Travel Time*).

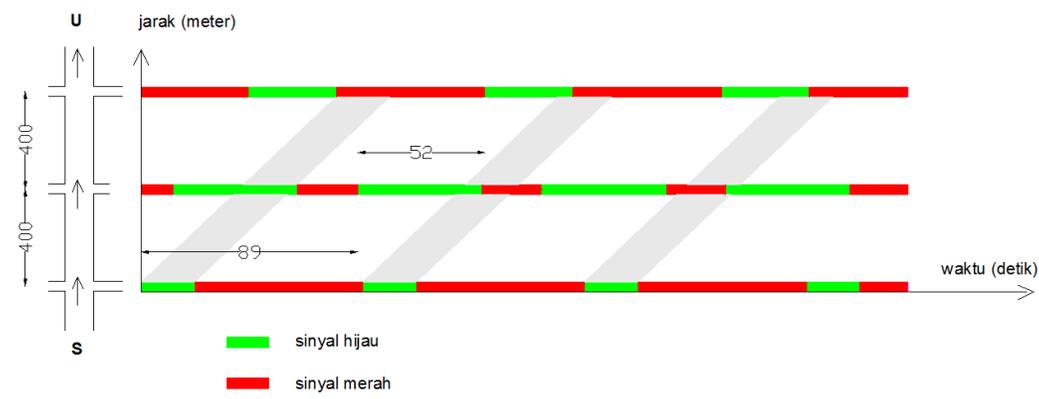
Tabel 10. Waktu Tempuh Rencana (*Travel Time*) Tiap Simpang Pada Pagi dan Sore Hari

Simpang	Waktu Tempuh Pagi dan Sore Hari (detik)
---------	---

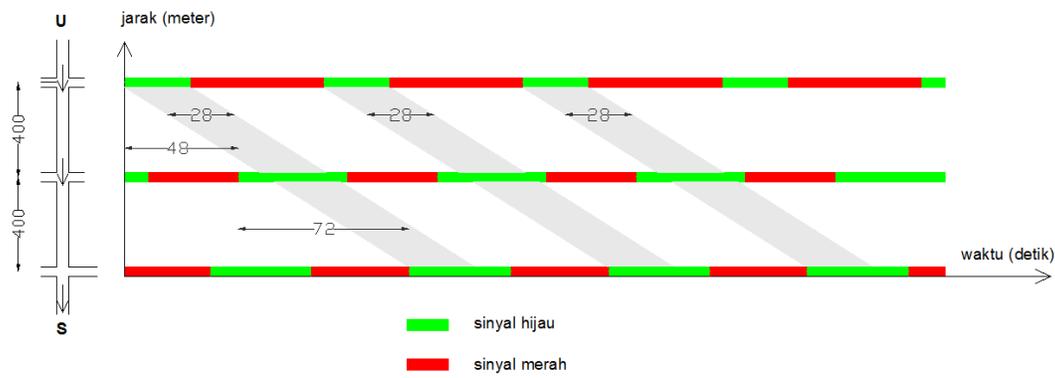
RE Martadinata-Agus Salim	48
Agus Salim-Untung Suropati	72



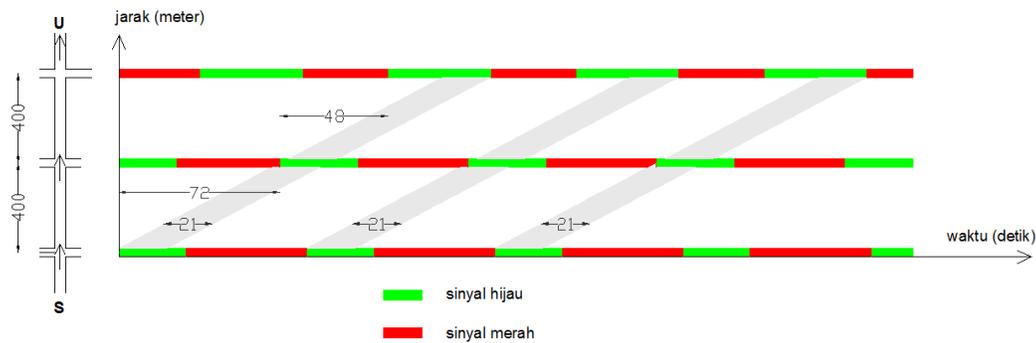
Gambar 1. Diagram Aliran *Platoon* pada Kondisi Eksisting Arah Utara-Selatan



Gambar 2. Diagram Aliran *Platoon* pada Kondisi Eksisting Arah Selatan-Utara



Gambar 3. Diagram Aliran *Platoon* pada Kondisi Koordinasi Arah Utara-Selatan



Gambar 4. Diagram Aliran *Platoon* pada Kondisi Koordinasi Arah Selatan-Utara

Berdasarkan gambar 1 dan 2, terlihat bahwa pada kondisi eksisting *platoon* yang berjalan dari simpang RE Martadinata ke simpang Untung Suropati ataupun sebaliknya masih menyentuh sinyal merah sehingga mendapatkan arus yang terputus. Sedangkan untuk gambar 3 dan 4 mendapatkan arus menerus maka didapatkan suatu kecepatan *green wave* untuk kedua arah. Hal ini juga dapat dibuktikan dengan merekam aliran *platoon* di ketiga simpang sehingga akan didapatkan jumlah kendaraan yang menerus. Persentase jumlah kendaraan dalam aliran *platoon* tersebut dapat dilihat dalam tabel 11.

Tabel 11. Persentase Aliran *Platoon* Ketiga Simpang

Simpang	%
RE Martadinata-Agus Salim	57,14
Agus Salim-Untung Suropati	57,14
Untung Suropati-Agus Salim	87,5

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, maka diperoleh besar waktu siklus eksisting untuk ketiga simpang berbeda-beda yakni RE Martadinata (133 detik), Agus Salim (130), dan Untung Suropati (86 detik). Sedangkan waktu siklus setelah koordinasi adalah 109 detik untuk ketiga simpang pada pagi dan sore hari. Hasil perhitungan kinerja simpang koordinasi pada jalan mayor adalah nilai derajat kejenuhan mengalami penurunan rata-rata sebesar 16,47% pada pengamatan pagi hari dan 16,96% pada pengamatan sore hari. Panjang antrian mengalami penurunan rata-rata sebesar 29,44% pada pengamatan pagi hari dan 31,32% pada pengamatan sore hari. Jumlah tundaan mengalami penurunan rata-rata sebesar 45,59% pada pengamatan pagi hari dan 50,18% pada pengamatan sore hari. Kecepatan *green wave* rencana saat melewati simpang RE Martadinata sampai dengan Agus Salim adalah 30 km/jam dan 20 km/jam pada simpang Agus Salim sampai dengan Untung Suropati untuk lalu lintas pagi dan sore hari.

UCAPAN TERIMAKASIH

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

REFERENSI

- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO). 2001. *A Policy on Geometric Design of Highway and Streets*. AASHTO: Washington, DC.
- Aminsyah, Muhammad. 2002. *Optimalisasi Kinerja Lalu Lintas di Jaringan Jalan Utama Kota Padang*. Semarang: Tesis Magister Teknik Sipil Transportasi Universitas Diponegoro Semarang.
- Julianto, Eko Nugroho. 2007. *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Simpang Bangkong 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 II 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. *Tenik Jalan Raya*. Jakarta: Erlangga
- 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 (Studi Kasus : 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.