

ANALISIS KOORDINASI SINYAL ANTAR SIMPANG JALAN RANUGRATI DAN SIMPANG JALAN MAYJEN M. WIYONO KOTA MALANG

Sadana Devita Hapsari¹, Dwi Ratnaningsih², Udi Subagyo³

¹Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang, ²Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang, ³Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang
Email: danadevita22@gmail.com¹, dwiratna.polinema@gmail.com², udi_subagyo@yahoo.com³

ABSTRAK

Banyaknya persimpangan di Kota Malang dengan jarak antar simpang yang pendek menimbulkan permasalahan tersendiri, seperti pada Jalan Ranugrati – Jalan Mayjen M. Wiyono. Permasalahan yang terjadi adalah kendaraan terkadang selalu berhenti pada tiap simpang karena selalu mendapat sinyal merah. Selain itu panjang antrian akibat dari sinyal merah dapat menyebabkan kemacetan. Penelitian ini bertujuan menganalisa simpang di Jalan Ranugrati – Jalan Mayjen M. Wiyono dengan mengkoordinasikan ketiga simpang untuk mengurangi antrian dan tundaan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer berupa volume kendaraan, waktu sinyal dan geometrik simpang. Survei volume lalu lintas dilaksanakan pada pagi dan sore di hari Selasa, 05 Mei 2020 dengan menggunakan CCTV real time yang diakses menggunakan aplikasi KER!. Metode evaluasi data lalu lintas menggunakan pedoman MKJI 1997 dan Peraturan Menteri Perhubungan 96 Tahun 2015. Data dengan kondisi eksisting terjenuh akan menjadi acuan dalam merencanakan waktu siklus baru dengan memperhatikan teori koordinasi. Kinerja terbaik pada setiap simpang kemudian dikoordinasikan menggunakan waktu offset antar simpang. Dari hasil analisa, didapatkan waktu siklus baru sebesar 130 detik dan waktu offset 77 detik untuk kedua arah. Sedangkan dari diagram koordinasi didapatkan bandwidth sebesar 43 detik ke arah Timur dan 56 detik ke arah Barat. Berdasarkan hasil penelitian, rerata kinerja simpang dalam kondisi eksisting pada arus utama yang akan dikoordinasikan adalah Derajat Kejenuhan (DS) sebesar 0,80; Panjang Antrian (QL) sebesar 244,45 m dan Tundaan (Delay) sebesar 75,10 detik, serta tingkat pelayanan F. Sedangkan rerata kinerja simpang setelah dilakukan koordinasi adalah DS sebesar 0,64; QL sebesar 229,02 m dan Delay sebesar 23,08 detik dalam kategori tingkat pelayanan C.

Kata kunci : koordinasi sinyal; kinerja simpang; bandwidth; offset

ABSTRACT

The number of intersections in Malang City with short distance between the intersections causes some problem, such as in the intersection on Jalan Ranugrati - Jalan Mayjen M. Wiyono. The problem that occurs is the vehicle sometimes must stop at each intersection because it always gets a red signal. Besides the queue length due to red signals can cause congestion. This study aims to analyze intersections on Jalan Ranugrati - Jalan Mayjen M. Wiyono, by coordinating the three intersections to reduce queues and delays. The data used in this study are primary data in the form of vehicle volume, signal time and intersection geometric. The traffic volume survey was conducted in the morning and evening on Tuesday, May 5, 2020 using real time CCTV accessed using the KER! Application. This traffic data evaluation method uses the 1997 MKJI guidelines and the Minister of Transportation Regulation 96 of 2015. Data with saturated existing conditions will be a reference in planning a new cycle time by paying attention to the theory of coordination. The best performance at each intersection then will be coordinated using the offset time between intersections. From the analysis results, a new cycle time is obtained 130 seconds and an offset time of 77 seconds for both directions. While the coordination diagram shows that the bandwidth is 43 seconds to the east and 56 seconds to the west. Based on the results, the average intersection performance in the existing conditions at the main stream that will be coordinated is 0.80 for the degree of saturation (DS); 244.45 m for queue length (QL); 75.10 seconds for delay and LOS F. At the same time the average intersection performance after it gets coordinated, the DS is 0.64; QL is 229.02 m and Delay is 23.08 seconds in the service level category C.

Keywords : signal coordination; intersection performance; bandwidth; offset

1. PENDAHULUAN

Latar belakang

Pada jaringan transportasi di perkotaan, banyak ditemui persimpangan - persimpangan yang menimbulkan permasalahan, contohnya seperti jarak antar simpang yang pendek sehingga menimbulkan ketidaknyamanan kepada pengendara karena selalu berhenti pada setiap persimpangan. Selain itu terjadi tundaan yang cukup lama dan antrian yang cukup panjang. Kondisi tersebut juga terjadi di banyak persimpangan di Kota Malang, salah satunya di ruas Jalan Ranugrati – Jalan Mayjen M. Wiyono yang menjadi objek studi pada penelitian ini. Jalan tersebut merupakan salah satu jalan masuk utama ke daerah Sawojajar. Ruas jalan tersebut terdapat beberapa simpang, contohnya pada persimpangan Jl. Ranugrati – Jl. Raya Sawojajar – Jl. Simpang Ranugrati (Simpang 1); Jl. Ranugrati – Jl. Puntodewo – Jl. Mayjen M. Wiyono – Jl. Kuntabhaswara (Simpang 2) dan Jl. Mayjen M. Wiyono – Jl. Kesatrian – Jl. Urip Sumoharjo (Simpang 3), jarak masing-masing antar simpang yang berjarak kurang lebih 500 meter mengakibatkan panjang antrian dari simpang 2 menjalar sepanjang Jalan Ranugrati sehingga mengganggu arus lalu lintas pada simpang 1. Hal serupa juga terjadi pada arah sebaliknya yaitu antar simpang 2 dan simpang 3 dimana perbedaannya pada jam terjadinya kemacetan, namun pada kondisi ini tidak sampai mengganggu lalu lintas di simpang 3. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menggunakan koordinasi sinyal untuk ketiga simpang itu.

Tujuan

1. Mengetahui waktu sinyal dan kinerja simpang pada masing-masing persimpangan kondisi eksisting.
2. Mengetahui koordinasi sinyal simpang 1, simpang 2 dan simpang 3.
3. Mengetahui kinerja simpang pada masing-masing persimpangan setelah direncanakan skenario koordinasi sinyal.
4. Mengetahui besar nilai Biaya Operasional Kendaraan pada kondisi eksisting dan setelah direncanakan skenario koordinasi sinyal.

Tinjauan pustaka

Arus jenuh dasar

Arus jenuh biasanya dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S_0) yaitu arus jenuh pada keadaan standar, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya.

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}; \text{ dimana,}$$

S_0 : Arus jenuh dasar

F_{CS} : Faktor penyesuaian ukuran kota

F_{RSU} : Faktor penyesuaian hambatan samping

F_G : Faktor kelandaian jalan.

F_P : Faktor penyesuaian parkir

F_{LT} : Faktor penyesuaian belok kiri

F_{RT} : Faktor penyesuaian belok kanan

Waktu siklus

$$c = \frac{1,5 \times LTI + 5}{1 - \sum FR_{crit}}; \text{ dimana,}$$

c : waktu siklus sinyal (detik)

LTI : jumlah waktu hilang per siklus (detik)

FR : arus dibagi dengan arus jenuh (Q/S)

FR_{crit} : nilai FR tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal

$E(FR_{crit})$: rasio arus simpang = jumlah FR_{crit} dari semua fase pada siklus tersebut.

Waktu hijau

$$g_i = \frac{(c - LTI) \times FR_{crit}}{L(FR_{crit})}; \text{ dimana,}$$

g_i : tampilan waktu hijau pada fase I (detik)

Derajat kejenuhan

Kapasitas pendekat diperoleh dengan perkalian arus jenuh dengan rasio hijau (g/c) pada masing masing pendekat.

$$DS = Q/C = (Q \times c) / (S \times g)$$

Kapasitas

Kapasitas total untuk seluruh lengan simpang adalah hasil perkalian antara kapasitas dasar (C_0) yaitu kapasitas pada kondisi tertentu (ideal) dan faktor-faktor penyesuaian (F).

$$C = C_0 \times F_W \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{LT} \times F_{MI}$$

Panjang antrian

Jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ) dihitung sebagai jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ_1) ditambah jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ_2). $NQ = NQ_1 + NQ_2$

Dengan,

$$NQ_1 = 0,25 \times c \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right]$$

Jika $DS > 0,5$; selain dari itu $NQ_1 = 0$

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

Dimana:

NQ_1 : jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

NQ_2 : jumlah smp yang datang selama fase merah

DS : derajat kejenuhan

GR : rasio hijau

c : waktu siklus (det)

C : kapasitas (smp/jam) = ($S \times GR$)

Q : arus lalu lintas pada pendekat tersebut (smp/det)

Panjang antrian (QL) diperoleh dari perkalian (NQ) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp ($20m^2$) dan pembagian dengan lebar masuk:

$$QL = NQ_{MAX} \times \frac{20}{W_{MASUK}}$$

Tundaan

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat j dihitung sebagai berikut:

$$D_j = DT_j + DG_j$$

1. Tundaan Lalu Lintas (DT) karena interaksi lalu-lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)} + \frac{NQ_1 \times 3600}{C}$$

2. Tundaan Geometri (DG) karena perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan atau terhenti karena lampu merah.

Level of service (LOS)

Tabel 1. Level of Service

No.	Tingkat Pelayanan	Waktu Tundaan (detik per kendaraan)
1.	A	<5
2.	B	5 – 15
3.	C	15 – 25
4.	D	25 – 40
5.	E	40 – 60
6.	F	>60

Sumber : PM Perhubungan No PM 96 tahun 2015

Biaya operasional kendaraan (BOK)

Standart perhitungan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) mengacu pada pedoman perhitungan Biaya Operasional Kendaraan Untuk Jalan Perkotaan Indonesia yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2005 dan PCI (Pacific Consultant International).

Biaya Tetap

- 1) Biaya Penyusutan

$$Y = 1/(2,5 VR+125) \text{ dimana,}$$

Y : biaya penyusutan per 1000 km, dikalikan dengan harga kendaraan

VR : kecepatan rata-rata (km/jam)

- 2) Biaya Bunga Modal

$$Y = 120/(500 VR) \text{ dimana,}$$

Y : suku bunga per 1000 km, dikalikan dengan 1/2 harga kendaraan

VR: kecepatan rata-rata (km/jam)

- 3) Biaya Asuransi

$$Y = (35 \times 0,5)/(500 VR) \text{ dimana,}$$

Y : biaya asuransi per 1000 km, dikalikan dengan harga kendaraan

VR: kecepatan rata-rata (km/jam)

Biaya Tidak Tetap

- 1) Perhitungan Biaya Konsumsi Bahan Bakar (BBBBM)

$$KBBM = \left(\alpha + \frac{\beta_1}{VR} + \beta_2 \times VR^2 + \beta_3 + R_R + \beta_4 \times F_R + \beta_5 \times F_R^2 + \beta_6 \times DT_R + \beta_7 \times A_R + \beta_8 \times SA + \beta_9 \times BK + \beta_{10} \times BK \times A_R + \beta_{11} \times BK \times SA \right) / 1000$$

- 2) Perhitungan Biaya Oli (BO)

$$BO_i = KO_i \times HO_j$$

$$= (OHK_i + OHO_i \times KBBM_i) \times HO_j$$

$$= [(KAPO/JPO) + OHO_i \times KBBM_i] \times HO_j$$

- 3) Perhitungan Biaya Konsumsi Suku Cadang

$$BP_i = P_i \times HKB_i / 1000000$$

$$= [(\phi + \gamma_1 \times IRI) (KJT_i / 100000) \gamma_2] \times HKB_i / 1000000$$

- 4) Perhitungan Biaya Upah Tenaga Pemeliharaan

$$BU = JPI \times UTP / 1000$$

$$= (a_0 \times P_i^{at}) \times UTP / 1000$$

- 5) Perhitungan Biaya Ban

$$BB_i = KB_i \times HB_j / 1000$$

$$= (\chi + \delta_1 \times IRI + \delta_2 \times TT_R + \delta_3 \times c) \times HB_j / 1000$$

2 METODE

Metode pengumpulan data

Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder.

Data Primer

Data yang diperoleh langsung dari pengamatan di lokasi penelitian pada ketiga simpang. Data primer yang digunakan adalah sebagai berikut:

- 1) Geometrik Simpang

Data geometrik simpang didapat dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan menggunakan alat ukur roll meter. Hal-hal yang diukur antara lain adalah: Lebar pendekat; Lebar masuk; Lebar keluar; Keberadaan median dan lebarnya; Pembagian jalur; Jarak antar simpang

- 2) Waktu Survei Volume Kendaraan

Waktu pengamatan dilakukan pada jam sibuk dimana terdapat volume lalu lintas yang padat. Dari hasil fluktuasi penelitian-penelitian sebelumnya maka diambil waktu pengamatan sesuai dengan kebutuhan. Hari yang dipilih untuk melakukan survey adalah satu hari sibuk, yaitu pada hari Selasa dengan waktu sebagai berikut:

- Pagi pada pukul 06.30 – 08.30 WIB
- Sore pada pukul 15.30 – 18.30 WIB

Penghitungan dilakukan per 5 menit.

- 3) Klasifikasi Tipe Kendaraan dan Arus Kendaraan

Data arus lalu lintas kendaraan tiap-tiap pendekat yang dikategorikan dalam 4 jenis, yaitu:

- ST : arus lalu lintas kendaraan lurus
- RT : arus lalu lintas kendaraan belok kanan
- LT : arus lalu lintas kendaraan belok kiri
- LTOR : arus lalu lintas kendaraan belok kiri yang diijinkan lewat pada saat sinyal merah

Tipe kendaraan yang diamati dikelompokkan dalam empat kategori, yaitu:

- Kendaraan ringan / Light Vehicle (LV)
- Kendaraan berat / High Vehicle (HV)
- Sepeda motor / Motorcycle (MC)
- Kendaraan tak bermotor / Un-Motorized (UM)

- 4) Jumlah Fase dan Waktu Sinyal

Survei ini dilakukan untuk mengetahui arah pergerakan dan pengaturan waktu di setiap simpang bersinyal. Data ini didapat dengan melakukan survei langsung ke lapangan yaitu dengan cara menghitung lamanya waktu merah, kuning, hijau, dan waktu antar hijau di setiap pendekat pada masing-masing simpang menggunakan *stopwatch*. Serta menghitung waktu siklus dan jumlah fase di setiap simpang dengan mencatat lamanya fase dari mulai menyala, berhenti hingga menyala kembali.

5) Metode Survey

Metode yang digunakan untuk mengumpulkan data volume kendaraan adalah dengan mencatat volume kendaraan secara manual dari rekaman CCTV. Rekaman CCTV tersebut diakses online melalui aplikasi KER! dan situs cctv.malangkota.go.id. Survei dilaksanakan secara serentak di ketiga simpang untuk mendapatkan kondisi lalu lintas yang sama.

Data sekunder

Data yang diperoleh dari beberapa instansi terkait serta dari beberapa penelitian terdahulu dimana memiliki kesinambungan jenis penelitian dan teknik metode penelitian dengan penelitian ini. Data sekunder pada penelitian ini berupa:

- 1) Jumlah penduduk Kota Malang yang didapat dari situs Badan Pusat Statistik Kota Malang (<https://malangkota.bps.go.id/>)
- 2) Peta lokasi dalam bentuk dwg.
- 3) Tata guna lahan yang didapat dari Dinas Pekerjaan Umum Kota Malang yang beralamatkan di Jl. Bingkil No.1, Ciptomulyo, Sukun, Kota Malang.
- 4) Kinerja ruas jalan dan simpang di Kota Malang yang didapat dari Dinas Perhubungan Kota Malang yang beralamatkan di Jl. Raden Intan no. 1, Blimbing, Kota Malang.

Metode analisa waktu sinyal dan kinerja simpang

Metode yang digunakan dalam menganalisa waktu sinyal dan kinerja simpang adalah dengan menggunakan pedoman MKJI 1997 Bab 2 tentang Simpang Bersinyal yang terdiri dari 5 form SIG.

Metode analisa koordinasi sinyal antar simpang

Perencanaan Waktu Siklus Baru

Koordinasi sinyal antar simpang dapat dilakukan jika waktu siklus setiap simpang sama, oleh karena itu jika waktu siklus setiap simpang berbeda maka perlu melakukan perencanaan waktu siklus baru. Dalam penelitian ini, akan dilakukan lima perencanaan waktu siklus baru, yaitu:

- 1) Perencanaan waktu siklus berdasar waktu siklus simpang I, kemudian kedua simpang lainnya akan direncanakan mengikuti waktu siklus tersebut.

- 2) Perencanaan waktu siklus berdasar waktu siklus simpang II, kemudian kedua simpang lainnya akan direncanakan mengikuti waktu siklus tersebut.

- 3) Perencanaan waktu siklus berdasar waktu siklus simpang III, kemudian kedua simpang lainnya akan direncanakan mengikuti waktu siklus tersebut.

- 4) Waktu siklus yang akan direncanakan untuk semua simpang adalah waktu siklus maksimum berdasarkan MKJI 1997.

- 5) Waktu siklus yang akan direncanakan untuk semua simpang adalah waktu siklus maksimum berdasarkan MKJI 1997, namun dilakukan beberapa perubahan seperti diantaranya: perubahan fase dan waktu hijau.

Dari perencanaan-perencanaan waktu siklus tersebut dipilih waktu siklus terbaik dengan mempertimbangkan tiga faktor kinerja simpang yaitu derajat kejenuhan (DS), panjang antrian (QL) dan tundaan (Delay). Angka pembobotan untuk masing-masing kinerja simpang tersebut adalah 0,5 untuk DS; 0,3 untuk Delay dan 0,2 untuk QL. Nilai kinerja simpang yang dikalikan dengan angka pembobotan adalah rata-rata dari masing-masing simpang, kemudian nilai tersebut diurutkan dari yang terkecil sampai terbesar. Hasil penilaian adalah jumlah dari ketiga faktor kinerja simpang yang telah dikalikan dengan tingkat penilaian dan nilai yang terkecil adalah perencanaan yang dipilih.

Koordinasi Sinyal Antar Simpang

Tahap-tahap pengkoordinasian sinyal adalah sebagai berikut:

- a. Membuat diagram sumbu x dan y dengan keterangan sumbu x sebagai waktu dan sumbu y sebagai jarak antar simpang;
- b. Membuat lintasan dari hulu ke hilir dengan kemiringan sesuai dengan waktu tempuh kendaraan yang telah dihitung;
- c. Memasukkan waktu sinyal semua simpang pada diagram;
- d. Menyesuaikan waktu hijau pada lintasan yang telah dibuat yaitu dengan menggesernya secara horizontal sampai waktu hijau berada pada lintasan yang tepat;
- e. Menyesuaikan waktu hijau semua simpang dan arah arus sebaliknya.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa waktu sinyal dan kinerja simpang

Perhitungan kinerja simpang berdasarkan MKJI 1997.

1) Kondisi Eksisting

Berdasarkan waktu sinyal pada semua simpang dalam kondisi eksisting dapat disimpulkan bahwa waktu sinyal ketiga simpang belum terkoordinasi dibuktikan dengan waktu siklus yang berbeda-beda pada tiap simpang.

Tabel 2. Waktu sinyal dan LOS kondisi eksisting

Simpang	Pendekat	Fase	c	DS	QL	Tundaan (det)	LOS
			det		m		
1	U	I	128	0,87	129,3	25,64	D
	S			0,39	127,5		
	T	II		0,72	364,4		
	B			0,54	254,7		
2	U	I	127	0,13	387,8	267,17	F
	S			1,20	382,6		
	T	II		1,13	537,8		
	B			1,00	173,9		
3	U	I	47	0,74	108,8	19,18	C
	S			0,38	107,4		
	T	II		0,70	80,0		
	B			0,72	55,9		

Sumber: Hasil perhitungan

Dengan nilai kinerja simpang tersebut mengindikasikan simpang tersebut bermasalah dan perlu melakukan rekayasa lalu lintas untuk meningkatkan pelayanan simpang, salah satunya dengan cara mengkoordinasikan sinyal antar simpang.

2) Kondisi Setelah Rekayasa Koordinasi Sinyal

Tabel 3. Waktu sinyal dan LOS setelah rekayasa

Simp.	Pendekat	Fase	c	g	DS	QL	Tundaan det	LOS
			det	det		det		
1	U	I	130	32	0,74	129,3	23,77	C
	S		130	32	0,33	127,5		
	T	II	130	89	0,74	302,2		
	B		130	89	0,55	211,2		
2	U	I	130	42	0,08	176,9	31,75	D
	S		130	42	0,79	174,5		
	T	II	130	78	0,78	266,7		
	B		130	78	0,66	186,3		
3	U	I	130	50	0,62	265,3	27,34	D
	S		130	50	0,32	261,7		
	T	II	130	71	0,55	240,0		
	B		130	71	0,56	167,7		

Sumber: Hasil perhitungan

Analisa koordinasi sinyal antar simpang

Dalam pengkoordinasian sinyal diperlukan waktu siklus yang sama untuk setiap simpang, oleh karena perbedaan waktu siklus di ketiga simpang perlu membuat waktu siklus

baru dengan melakukan 5 perencanaan. Kemudian dari perencanaan tersebut dipilih waktu siklus dengan kinerja terbaik.

Tabel 4. Pemilihan kinerja simpang terbaik

Perencanaan	Nilai dan Pembobotan			Tingkat Pemilihan			Jumlah Nilai Kinerja
	DS	QL	Tundaan	D	Q	Tundaan	
	0,5	0,2	0,3	S	L	daan	
I	0,32	42,74	21,24	3	3	3	3
II	0,32	42,74	21,31	4	3	4	3,8
III	0,39	35,97	59,22	5	1	5	4,2
IV	0,32	43,89	21,12	2	5	2	2,6
V	0,28	41,82	8,36	1	2	1	1,2

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan tabel diatas, perencanaan dengan nilai paling rendah yang dipilih yaitu perencanaan V dengan waktu siklus 130 detik. Setelah dikoordinasikan terjadi peningkatan tingkat pelayanan pada simpang 2 (Jl. Ranugrati–Jl. Puntodowo–Jl. Mayjen M. Wiyono–Jl. Kuntabhaswara) dimana tingkat pelayanan pada saat koordinasi memiliki tingkat pelayanan F menjadi D. Selain itu, adanya rencana koordinasi sinyal dapat mengurangi tingkat kemacetan pada Jl. Ranugrati.

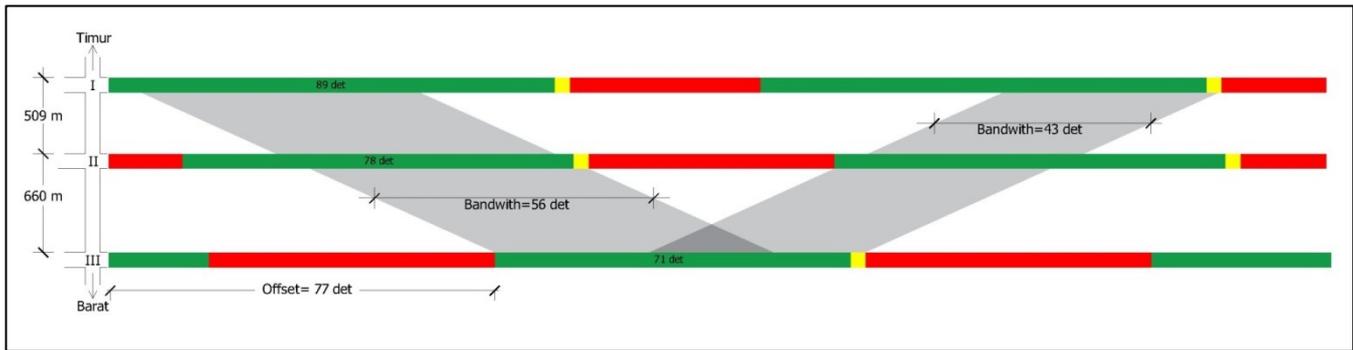
Diagram koordinasi sinyal dengan menggunakan waktu siklus baru dapat dilihat pada gambar 1. Bamdwith yang didapat dari gambar diagram tersebut sebesar 56 detik untuk arah barat dan 43 detik untuk arah timur.

Perubahan waktu sinyal tiap lengan simpang dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Waktu sinyal tiap simpang

Simpang	Fase	Kode Pend.	Merah	Hijau	Kuning	Waktu Merah Semua	c
			det	det	det	det	
1	I	U-S	95	32	3	2	130
	II	T-B	37	89	3	1	
2	I	U-S	85	42	3	2	130
	II	T-B	47	78	3	2	
3	I	U-S	77	50	3	1	130
	II	T-B	54	71	3	2	

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 1. Diagram Koordinasi Sinyal

Sumber : Hasil perhitungan

Total Biaya 4664,05

Analisa biaya operasional kendaraan

Analisa BOK menggunakan pedoman menghitung Biaya Operasional Kendaraan adalah dengan menggunakan pedoman perhitungan Biaya Operasional Kendaraan Untuk Jalan Perkotaan Indonesia yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Tahun 2005.

1) BOK Eksisting

No.	Jenis Biaya	Satuan	Total
Biaya Tetap			
1	Biaya Penyusutan	Rp/km	1297,74
2	Biaya Bunga Modal	Rp/km	1400,07
3	Biaya Asuransi	Rp/km	408,36
Biaya Tidak Tetap			
1	Biaya Penyusutan	Rp/km	931,22
2	Biaya konsumsi oli	Rp/km	57,76
3	Biaya konsumsi suku cadang	Rp/km	71,45
4	Biaya upah tenaga pemeliharaan	Rp/km	2261,11
5	Biaya konsumsi ban	Rp/km	14,76
Total Biaya			6581,48

2) BOK Setelah Rekayasa Koordinasi Sinyal

No.	Jenis Biaya	Satuan	Total
Biaya Tetap			
1	Biaya Penyusutan	Rp/km	893,45
2	Biaya Bunga Modal	Rp/km	511,70
3	Biaya Asuransi	Rp/km	149,25
Biaya Tidak Tetap			
1	Biaya Penyusutan	Rp/km	701,46
2	Biaya konsumsi oli	Rp/km	57,76
3	Biaya konsumsi suku cadang	Rp/km	74,58
4	Biaya upah tenaga pemeliharaan	Rp/km	2261,11
5	Biaya konsumsi ban	Rp/km	14,76

4 KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan perencanaan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya serta untuk menjawab permasalahan di awal, dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Kinerja simpang rata-rata dalam kondisi eksisting pada arus utama yang dikoordinasikan adalah 0,80 untuk Derajat kejenuhan (DS); 244,45 m untuk panjang antrian (QL) dan 75,10 detik untuk tundaan (Delay)
- 2) Ketiga simpang pada ruas Jalan Ranugrati dan Jalan Mayjen M. Wiyono belum terkoordinasi yang dapat terlihat dari waktu siklus ketiga simpang yang berbeda-beda.
- 3) Dari diagram koordinasi sinyal didapat bandwidth sebesar 56 detik untuk ke arah barat dan 43 detik untuk ke arah timur. Untuk kinerja rata-rata simpang setelah dilakukan koordinasi sinyal, didapatkan DS sebesar 0,64; QL sebesar 229,02 m dan Delay sebesar 23,08 detik.
- 4) Biaya operasional kendaraan untuk jenis kendaraan ringan pada kondisi eksisting adalah sebesar 6.581,48 Rp/Km, sedangkan BOK setelah adanya rencana skenario koordinasi sinyal sebesar 4.664,05 Rp/Km. Biaya yang dapat dihemat setelah adanya rencana koordinasi adalah sebesar 1.917,43 Rp/Km.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. Manual Kapasitas Jalan Indonesia. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta.
- [2] Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 96 Tahun 2015
- [3] Direktorat Jenderal Bina Marga. 2005. Biaya Operasional Kendaraan Untuk Jalan Perkotaan Di Indonesia. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta
- [4] Bayasut, Emal Zain Muzambek Tun. 2010. Analisa dan Koordinasi Sinyal Antar Simpang Pada Ruas Jalan Diponegoro Surabaya. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- [5] Risdiyanto. 2014. Rekayasa dan Manajemen Lalu Lintas: Teori dan Aplikasi. Yogyakarta:LeutikaPrio.