

ANALISIS KOORDINASI SINYAL ANTAR SIMPANG PADA RUAS JALAN Z.A. PAGAR ALAM

**Prayoga¹⁾
Rahayu Sulistyorini²⁾
Yohanes Martono Hadi³⁾**

Abstract

There are three intersections that are within 1.3 km of study focused on Jalan Z.A. Pagar Alam. The problem that sometimes occurs is vehicles must stop at every intersection because it always gets a red signal

The data collection was done by a direct survey at all three intersections. The data that taken from the intersection are geometric and volume intersection. The first intersection released from signal coordination between intersections, with a cycle time of 63 seconds was obtained degree of saturation on average 0.7378 and the queue length 70.23 m. After three planning between the intersection II and III intersection obtained the best cycle time of 99 seconds. The average degree of saturation of intersection II is 0.77 with queue length 146.71 m and the third intersection is 0.85 with queue length 82.03 m. Because the degree of saturation is approaching 0.8 and 0.8 exceed existing special construction needs to be done.

Keywords: *signal coordination, cycle time, intersection*

Abstrak

Terdapat tiga simpang yang berada dalam jarak 1,3 km yang menjadi fokus penelitian di Jalan Z.A. Pagar Alam. Permasalahan yang terkadang terjadi adalah kendaraan yang harus berhenti pada tiap simpang karena selalu mendapat sinyal merah.

Pengumpulan data dilakukan dengan cara survei langsung pada ketiga simpang. Adapun data yang diambil adalah volume simpang dan geometrik simpang. Simpang I dilepaskan dari pengkoordinasian sinyal antar simpang, dengan waktu siklus 63 detik diperoleh derajat kejenuhan rata-rata 0,73 dengan panjang antrian 70,23 m. Setelah dilakukan tiga perencanaan antara simpang II dan simpang III diperoleh waktu siklus terbaik 99 detik. Derajat kejenuhan rata-rata simpang II yaitu 0,77 dengan panjang antrian 146,71 m dan simpang III yaitu 0,85 dengan panjang antrian 82,03 m. Karena derajat kejenuhan sudah mendekati 0,8 dan sudah ada yang melebihi 0,8 perlu dilakukan pembangunan khusus.

Kata kunci : koordinasi sinyal, waktu siklus, simpang

1. PENDAHULUAN

Dalam suatu sistem transportasi di perkotaan keberadaan suatu simpang adalah hal yang tidak dapat dihindari. Hal ini pulalah yang terjadi di Kota Bandar Lampung. Dengan jumlah penduduk mencapai 960.695 orang (BPS, 2014) akan timbul permasalahan pada saat semua orang bergerak bersamaan. Persimpangan menjadi bagian penting untuk melancarkan arus perpindahan manusia, barang ataupun jasa. Oleh karena itu keberadaan simpang harus dikelola dengan baik agar kinerja simpang tersebut sesuai dengan kondisi lalu lintas dan menghasilkan kelancaran transportasi sesuai dengan yang diharapkan.

Meski simpang sudah terfasilitasi dengan lampu lalu lintas, banyak simpang-simpang di perkotaan seperti Bandar Lampung menimbulkan permasalahan sendiri. Permasalahan

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel : prayoga22@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

yang terkadang terjadi adalah kendaraan yang harus berhenti pada tiap simpang karena selalu mendapat sinyal merah. Kondisi inilah yang terjadi di ruas Jalan Z.A. Pagar Alam yang menjadi objek studi. Ada tiga simpang yang difokuskan dalam studi ini adalah persimpangan Jalan Z.A. Pagar Alam – Jalan Pramuka (simpang I) dan simpang Jalan Z.A. Pagar Alam – Terminal Rajabasa (simpang II), simpang Jalan Z.A. Pagar Alam – Jalan Sumantri Brojonegoro (simpang III). Jarak antara simpang I dan simpang II adalah 750 m, jarak antara simpang II dan simpang III adalah 550 m.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Simpang Jalan

Simpang jalan merupakan bentuk bangunan jalan yang menyebabkan terjadinya problem lalu lintas seperti tundaan (*delay*), kemacetan (*congestion*) dan kecelakaan (*accidents*), Munawar (2010). Untuk mengatur konflik-konflik dan tundaan pada simpang makan dilakukan manajemen simpang. Manajemen simpang dapat berupa manajemen simpang sebidang maupun manajemen simpang tak sebidang.

2.2 Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik dalam satuan waktu (smp/jam). Perhitungan arus lalulintas didasarkan pada kondisi arus lalu lintas rencana jam puncak pagi, siang, dan sore. Pada persimpangan, arus lalulintas dihitung berdasarkan masing-masing jenis kendaraan untuk terlindung dan terlawan dengan menggunakan emp berikut :

Tabel 1. Emp berdasarkan pendekatan simpang

Tipe Kendaraan	Emp	
	Pendekat Terlindung	Pendekat Terlawan
LV	1,0	1,0
HV	1,3	1,3
MC	0,2	0,4

(Sumber: MKJI, 1997)

2.3 Sinyal Lalu Lintas

Lampu sinyal (pengatur) lalu lintas adalah salah satu alat (instrumen) untuk mengontrol arus lalu lintas di suatu simpang jalan, dengan suatu pertimbangan bahwa volume lalu lintas di setiap jalan yang bertemu telah mencapai suatu batas tertentu. Fungsi dan tujuan sinyal lalu lintas yaitu:

- Mengurangi jumlah konflik yang mungkin terjadi di suatu simpang jalan
- Mencegah terjadinya arus yang terus menerus melewati simpang jalan.
- Mengurangi terjadinya kecelakaan dan tundaan lalu lintas
- Meningkatkan kapasitas dan tingkat pelayanan simpang jalan.
- Melaksanakan pengaturan prioritas jalan.

2.4 Phasing

Pengaturan konflik arus lalu lintas pada suatu simpang jalan dapat dilakukan dengan perubahan atau pemisahan waktu. Pengaturan perubahan/pemisahan arus lalu lintas ini

dikenal dengan istilah phasing. Penggunaan dan pemilihan dari fase-fase terlihat pada konflik utama pada simpang tersebut, Tamin (2000).

2.5. Offset dan Bandwidth

Offset merupakan perbedaan waktu antara dimulainya sinyal hijau pada simpang pertama dan awal hijau pada simpang setelahnya (C.S. Papacostas, 1987). Waktu offset dapat dihitung menggunakan diagram koordinasi. Sedangkan Bandwidth adalah perbedaan waktu dalam lintasan parallel sinyal hijau antara lintasan pertama dan lintasan akhir (C.S. Papacostas, 1987).

2.6 Waktu Sinyal

Penentuan waktu sinyal untuk keadaan dengan kendali waktu tetap digunakan metoda Webster (1966) untuk meminimumkan tundaan total pada suatu simpang. Dengan terlebih dahulu menghitung waktu siklus (c), selanjutnya waktu hijau (g) pada masing-masing fase (i)

$$c = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - \Sigma FR_{crit}) \tag{1}$$

Untuk penentuan waktu hijau dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$g_i = (c - LTI) \times FR_{crit} / \Sigma(FR_{crit}) \tag{2}$$

Tabel 2. Nilai normal perancangan simpang

Ukuran Simpang	Lebar Jalan Rata-Rata	Nilai Waktu Antar Hijau
Kecil	6 – 9 m	4 detik per fase
Sedang	10 – 14 m	5 detik per fase
Besar	≥ 15 m	≥ 6 detik per fase

(Sumber: MKJI, 1997)

2.7 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Kapasitas adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu, biasanya dinyatakan dalam smp/jam. Derajat kejenuhan adalah rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas, biasanya dihitung per jam. Derajat kejenuhan diperoleh dengan rumus :

$$DS = Q/C = (Q \times C) / (S \times g) \tag{3}$$

2.8. Perilaku Lalu Lintas

2.8.1 Panjang Antrian

Jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ) dihitung sebagai jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ₁) ditambah jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ₂) :

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \tag{4}$$

Dengan :

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times [(DS - 1) + \sqrt{((DS - 1) + (8 \times (DS - 0,5))) / C}] \tag{5}$$

dan untuk NQ_2 digunakan rumus sebagai berikut :

$$NQ_2 = c \times (1 - GR) / (1 - GR \times DS) \times Q / 3600 \quad (6)$$

2.8.2 Angka Henti

Angka henti (NS), yaitu jumlah berhenti rata-rata per-kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu simpang

2.8.3 Rasio Kendaraan Henti

Rasio kendaraan terhenti p_{sv} , yaitu kendaraan yang harus berhenti akibat sinyal merah sebelum melewati suatu simpang

2.8.4 Tundaan

Tundaan dapat terjadi karena tundaan lalu lintas dan tundaan geometrik. Tundaan lalu lintas karena interaksi lalu lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang. Tundaan geometrik karena percepatan dan perlambatan saat membelok pada suatu simpang dan atau terhenti karena sinyal merah.

2.9 Koordinasi Simpang Bersinyal

Koordinasi sinyal antar simpang diperlukan mengurangi tundaan (*delay*) yang dialami kendaraan dan menghindarkan dari antrian kendaraan yang panjang. Kendaraan yang telah bergerak dari satu simpang diharapkan tidak terhenti oleh sinyal merah pada simpang selanjutnya, sehingga dapat terus berjalan dengan kecepatan normal.

2.10 Studi Terdahulu

Studi terdahulu yang terkait dengan pengkoordinasian sinyal antar simpang dilakukan oleh Bayasut (2010). Penelitian dilaksanakan pada empat simpang di Jalan Diponegoro Kota Surabaya yang keseluruhannya merupakan simpang empat bersinyal. Pengumpulan data dilakukan dengan cara survei langsung pada keempat simpang. Adapun data yang diambil adalah volume kendaraan yang melalui tiap simpang, waktu sinyal, kecepatan tempuh kendaraan yang melalui keempat simpang, dan geometrik simpang. Data yang diperoleh digunakan untuk mendapatkan kondisi eksisting terjenuh yang 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 diketahui bahwa keempat simpang belum terkoordinasi dan perlu dilakukan perencanaan sinyal antar simpang. Siklus baru diperoleh 130 detik. Kecepatan rencana sesuai dengan regulasi batas maksimum kendaraan dalam kota yaitu sebesar 40 km/jam, didapat waktu *offset* sebesar 84 detik untuk kedua arah. Sedangkan *bandwidth* sebesar 56 detik dari utara dan 33 detik dari selatan.

3. METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara melakukan pengolahan data primer hasil survei lapangan, serta mengumpulkan beberapa informasi yang dibutuhkan sebagai data skunder.

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang dipilih adalah simpang Jalan Z.A. Pagar Alam – Jalan Pramuka (simpang I), simpang Jalan Z.A. Pagar Alam – Terminal Rajabasa (simpang II), simpang Jalan Z.A.Pagar Alam – Jalan Sumantri Brojonegoro (simpang III). Simpang tersebut merupakan simpang bersinyal dengan pola tetap (*fixed time control*).

3.2. Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada jam puncak yaitu pukul 06.30-08.30 WIB untuk waktu pagi, 11.00 -13.00 WIB untuk waktu siang, dan 16.00-18.00 WIB untuk waktu sore. Penelitian berlangsung 3 hari dalam 1 minggu yaitu hari Senin, Kamis, dan Sabtu.

3.3. Metode Penelitian

3.3.1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan berupa studi kepustakaan mengenai hal-hal tentang pengkoordinasian sinyal antar simpang yang diperoleh dari berbagai literatur.

3.3.2. Tahap Pengumpulan Data

Tahap ini berupa survey di lokasi-lokasi penelitian. Survei yang dilakukan adalah survey kondisi lingkungan, geometri jalan, volume kendaraan yang melewati simpang, waktu sinyal tiap simpang dan waktu tempuh antar simpang.

3.3.3. Tahap Analisis

Tahap analisis dilakukan dari hasil data survei yang didapat di lapangan. Perhitungan dimulai dengan menentukan jam puncak dari setiap waktu survei pada setiap simpang, kemudian dilakukan perhitungan derajat kejenuhan, panjang antrian dan tundaan pada setiap simpang di jam puncak.

3.3.4. Tahap Perencanaan

Pada tahap ini direncanakan *cycle time* baru berdasarkan kondisi terjenuh. Perencanaan didasarkan teori MKJI. Setelah diperoleh *cycle time* dilakukan perencanaan koordinasi sinyal antar simpang dengan memperhatikan *offset time*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Geometrik Simpang

Data geometrik simpang digunakan untuk menentukan kinerja simpang menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Dari hasil survei diperoleh lebar total pendekat (W_A), lebar pendekat masuk (W_{MASUK}), lebar pendekat belok kiri langsung (W_{LATOR}), lebar pendekat keluar (W_{KELUAR}).

Tabel 3. Data geometrik simpang I

Kode Pendekat	Tipe Lingkungan	Hambatan Samping	Median	Lebar Pendekat			
				WA	WMasuk	WLTOR	WKeluar
T	COM	R	Ya	7,5	3,75	3,75	7,5
B	COM	R	Ya	7	7		7
U	RES	R	Ya	7,4	7,4		7,3

Tabel 4. Data Geometrik simpang II

Kode Pendekat	Tipe Lingkungan	Hambatan Samping	Median	Lebar Pendekat			
				WA	WMasuk	WLTOR	WKeluar
T	COM	R	Ya	7,4	7,4		7,8
B	COM	R	Ya	7,5	3,75	3,75	7,5
Teng.	COM	R	Tidak	6,2	3	3,2	7,8
S	COM	R	Tidak	14,1			

Tabel 5. Data geometrik simpang III

Kode Pendekat	Tipe Lingkungan	Hambatan Samping	Median	Lebar Pendekat			
				WA	WMasuk	WLTOR	WKeluar
T	COM	R	Ya	7,5	7,5		7,5
B	COM	R	Ya	7,5	3,75	3,75	7,5
S	COM	R	Ya	5,2	3,5	1,7	7,5

4.2. Volume Simpang

Volume simpang yaitu volume kendaraan yang melintasi suatu simpang berdasarkan jenis-jenis kendaraan. Volume ini diperoleh dari hasil survei lalu lintas dan selanjutnya digunakan untuk penentuan *peak hour*.

4.3. Penentuan Peak Hour

Dalam menentukan *peak hour* atau jam puncak volume lalu lintas dikalikan dengan ekuivalen mobil penumpang hingga diperoleh derajat kejenuhan waktu survei.

Tabel 6. Perhitungan arus lalu lintaskendaraan bermotor

P E N D E K A T	A R A H	ARUS LALULINTAS KENDARAAN BERMOTOR													
		LV		HV		MC		Total (MV)		Rasio Berbelok					
		Vol.	Smp/jam	Vol.	Smp/jam	Vol.	Smp/jam	Vol.	Smp/jam	LT	RT				
		Lind ung	Law an	Lind ung	Law an	Lind ung	Law an	Lind ung	Law an						
T	ST	721	721	721	11	15	15	1085	217	434	1817	953	1170		
	RT	351	351	351	3	4	4	555	111	222	909	466	577		0.33
	Total	1072	1072	1072	14	19	19	1640	328	656	2726	1419	1747		
B	ST	588	588	588	14	19	19	846	170	339	1448	777	946		
	LTOR	152	152	152	9	12	12	462	93	185	623	257	349		0.3
	Total	740	740	740	23	31	31	1308	263	524	2071	1034	1295		
U	LTOR	152	152	152	3	4	4	445	89	178	600	245	334		0.38
	RT	281	281	281	3	4	4	690	138	276	974	423	561		0.62
	Total	433	433	433	6	8	8	1135	227	454	1574	668	895		

Dari perhitungan arus lalu lintas kemudian dilakukan perhitungan derajat kejenuhan, sehingga diperoleh derajat kejenuhan untuk tiap seimpang sebagai berikut :

Tabel 7. Derajat kejenuhan tiap simpang

Simpang	Pendekat	DS	Simpang	Pendekat	DS	Simpang	Pendekat	DS
	T	B		T	B		T	B
I	T	0,74	II	T	0,77	III	T	0,85
	B	0,72		B	0,74		S	0,85
	U	0,74		B	0,8			

4.5. Perencanaan Waktu Siklus

Perencanaan waktu siklus menggunakan 3 kondisi, kondisi pertama menggunakan waktu siklus simpang II, kondisi kedua menggunakan waktu siklus simpang III dan kondisi 3 menggunakan waktu siklus maksimum simpang 3 fase MKJI. Dari hasil perhitungan digunakan kondisi 2 yaitu perencanaan menggunakan waktu siklus simpang 3 yaitu 99 detik.

Tabel 8. Derajat kejenuhan kondisi 2

Simpang	Pendekat	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan (smp.det)
II	T	0.70	210.81	45186.4
	B	0.69	138.66	18477.14
III	T	0.85	90.66	50880.92
	S	0.85	91.42	23644
	B	0.80	64	15852.95
Rata-Rata		0.78	119.11	30808.28

4.6. Waktu Tempuh Antar Simpang

Penentuan waktu tempuh antar simpang diperoleh dari hasil survei pada jam puncak, yaitu Senin Sore dengan data sebagai berikut :

Tabel 9. Waktu tempuh antar simpang

Pengulangan	Waktu Tempuh (detik)
Ke-1	84
Ke-2	89
Ke-3	86
Ke-4	98
Ke-5	93
Rata-Rata	90

4.7 Dampak Penghilangan Sinyal Pada Simpang I dan III

Karena simpang II dan simpang III masih padat setelah di koordinasikan selanjutnya dilakukan perhitungan dengan asumsi bila sinyal lalu lintas pada simpang I dan simpang III dihilangkan. Analisis ini perlu dilakukan karena bila tidak ada sinyal pada simpang I dan simpang III maka tidak ada tundaan lalu lintas yang terjadi dan berakibat meningkatnya jumlah arus lalu lintas. Penghilangan sinyal dapat berupa pembangunan *flyover* ataupun *underpass*.

Tabel 10. Perbandingan sebelum dan sesudah sinyal hilang

Arah Pendekat	QL Sebelum Sinyal Hilang (m)	QL Sesudah Sinyal Hilang (m)	Lebar Pendekat Masuk Simpang
Timur	102.70	200	7,4 m
Barat	85.33	165,33	3,75 m

Setelah dibandingkan derajat kejenuhan sebelum dan setelah dihapuskannya sinyal pada simpang I dan simpang III terjadi peningkatan derajat kejenuhan pada simpang II untuk sertiap pendekatnya. Untuk pendekat timur dari 0,77 meningkat menjadi 0,85, pendekat barat dari 0,74 meningkat menjadi 0,86. Untuk panjang antrian setiap pendekat meningkat kurang lebih dua kali lipat, untuk pendekat timur sebelumnya 102,7 menjadi 200 m untuk pendekat barat sebelumnya 85,33 m menjadi 165,33 m

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Koordinasi antar simpang dilakukan dengan menentukan waktu siklus yang sama terlebih dahulu. Dari tiga kondisi dipilih waktu siklus yang bekerja terbaik yaitu 99 detik dengan *offset time* 90 detik.
2. Derajat kejenuhan rata rata pada setiap lengan pada simpang I adalah 0,73, panjang antrian 70,23 m dan tundaan total 18729 smp.detik. Simpang II derajat kejenuhan rata-ratanya adalah 0,70, panjang antrian 146,71 meter dan tundaan total 38181 smp.detik. Simpang III derajat kejenuhan rata-ratanya adalah 0,83, panjang antrian 82,03 meter dan tundaan total sebesar 30125 smp.det
3. Karena simpang I dan simpang III sudah tergolong macet maka disimulasikan dilakukan pembangunan *underpass* atau *flyover*. Bila pembangunan dilakukan, akan terjadi peningkatan derajat kejenuhan dan panjang antrian pada simpang II untuk pendekat timur dari derajat kejenuhan 0,77 meningkat menjadi 0,85 dan panjang antrian 102,7 meter menjadi 200 meter, pendekat barat dengan derajat kejenuhan 0,74 meningkat menjadi 0,86 dan panjang antrian 85,33 meter meningkat menjadi 165,33 meter.

5.2. Saran

Dari kesimpulan yang dipaparkan sebelumnya, terdapat beberapa saran yang penulis sampaikan :

1. Permasalahan pada pengkoordinasian sinyal antar simpang pada ruas Jalan Z.A. Pagar Alam terdapat pada simpang I yaitu simpang Jalan Z.A. Pagar Alam - Jalan Pramuka dan simpang III yaitu simpang Jalan Z.A. Pagar Alam - Jalan Soemantri Brojonegoro. Kedua simpang ini merupakan simpang terjenuh sehingga perlu dilakukan rekayasa lalu lintas khusus.
2. Dari analisa kasus ruas Jalan Z.A. Pagar Alam ini, besarnya jumlah kendaraan tidak mampu ditampung oleh kapasitas simpang yang ada. Diproyeksikan dengan laju pertumbuhan arus kendaraan bermotor 5% pertahun maka kurang lebih lima tahun kedepan derajat kejenuhan pada Jalan Z.A. Pagar Alam sudah mencapai nilai 1 (satu). Untuk itu perlu diperlakukan kebijakan serius dan tegas dari pemerintah kota dengan melakukan manajemen lalu lintas dan manajemen simpang.
3. Bila sinyal lalu lintas pada simpang I dan simpang III dihilangkan akan menimbulkan permasalahan baru pada simpang II. Pada simpang II perlu dilakukan rekayasa simpang baik itu berupa simpang sebidang maupun simpang tak sebidang. Untuk itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mencari solusi terhadap permasalahan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Bayasut, Emal Z.M.T., 2010, *Analisa dan Koordinasi Sinyal Antar Simpang Pada Ruas Jalan Diponegoro Surabaya*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

MKJI, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Direktorat Jendral Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum.

Munawar, Ahmad, 2006, *Manajemen Lalulintas Perkotaan*, Beta Offset, Yogyakarta.

Papacostas, C.S. Prevedous P.D, 1987, *Transportation Engineering and Planning*, New Jersey : 2nd edition, Prentice-Hall Inc.

Tamin, Ofyar Z., 2000, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Institut Tekonologi Bandung, Bandung.