

ANALISA DAN KOORDINASI SINYAL ANTAR SIMPANG PADA RUAS JALAN PAMULARSIH KOTA SEMARANG

Muhammad Yusril Taruna Program Studi Sarjana Terapan Transportasi Darat Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD Jl.Raya Setu 89 , Bekasi 17520 Indonesia muhammadyusril19999@gmail.com	Yudi Karyanto, ATD, MSC Dosen Program Studi Sarjana Terapan Transportasi Darat Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD Jl.Raya Setu 89 , Bekasi17520 Indonesia yudikaryanto84038@gmail.com	Drs. Wijianto, MSi Dosen Program Studi Sarjana Terapan Transportasi Darat Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD Jl.Raya Setu 89 , Bekasi 17520 Indonesia wijiantosadik@gmail.com
---	---	---

ABSTRACT

There are 4 intersections in the Pamularsih Road Corridor, which is a high priority for increasing the smoothness of traffic. Intersections in road corridors that are a high priority for improving the smoothness of traffic include Intersection I (Bongsari), Intersection II (Sampokong), Simpang III (Kaligarang) and Simpang IV (Kariadi) at the *level of service* D, E, E and F plus the distance between adjacent intersections. Paying attention to this, signal coordination between intersections on Jalan Pamularsih Semarang City is carried out.

Based on the results of the analysis carried out, the proposed parking transfer as far as 50 meters can improve the service performance of intersection IV with *degrees of saturation* 0.90, queues 90 meters and a delay of 63 seconds to *degrees of saturation* 0.84, queues 82 meters and delays 53 seconds. Furthermore, coordination is carried out with two planning/coordination proposals with the selected planning being planning I by coordinating Simpang I, II and III. Planning I is the selected coordination intersection planning that provides the best performance from the two proposed plans with the I intersection increasing with a value of *degrees of saturation* 0.81, queue length 76 meters and a delay of 49 seconds to a value of *degrees of saturation* 0.74, queue length 70 meters and a delay of 43 seconds. intersection II has increased with a value of *degrees of saturation* 0.89, queue length 77 meters and a delay of 53 seconds to a value of *degrees of saturation* 0.81, queue length 71 meters and a delay of 48 seconds. intersection III has increased with a value of *degrees of saturation* 0.92, queue length 83 meters and a delay of 58 seconds to a value of *degrees of saturation* 0.82, queue length 79 meters and a delay of 51 seconds.

Key word : DS, delay , queues, LOS, Coordinating signalized intersections

ABSTRAK

Koridor ruas Jalan Pamularsih terdapat 4 persimpangan merupakan prioritas tinggi untuk peningkatan kelancaran lalu lintasnya. Persimpangan pada koridor ruas jalan yang merupakan prioritas tinggi untuk peningkatan kelancaran lalu lintasnya antara lain Simpang I (Bongsari), Simpang II (Sampokong), Simpang III (Kaligarang) dan Simpang IV (Kariadi) pada *level of service* D, E, E dan F ditambah lagi dengan jarak antara persimpangan saling berdekatan. Memperhatikan hal tersebut maka dilakukan koordinasi sinyal antar simpang pada ruas Jalan Pamularsih Kota Semarang.

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan usulan pemindahan parkir sejauh 50 meter dapat meningkatkan kinerja pelayanan simpang IV dengan *degrees of saturation* 0,90, antrian 90 meter dan tundaan 63 detik menjadi *degrees of saturation* 0,84, antrian 82 meter dan tundaan 53 detik. Selanjutnya dilakukan pengkoordinasian dengan dua perencanaan/usulan pengkoordinasian dengan perencanaan terpilih adalah perencanaan I dengan mengkoordinasikan Simpang I, II dan III. Perencanaan I merupakan perencanaan simpang koordinasi terpilih yang memberikan kinerja terbaik dari kedua perencanaan yang sudah diusulkan dengan simpang I mengalami peningkatan dengan nilai *degrees of saturation* 0,81, panjang antrian 76 meter dan tundaan 49 detik menjadi nilai *degrees of saturation* 0,74, panjang antrian 70 meter dan tundaan 43 detik. simpang II mengalami peningkatan dengan nilai *degrees of saturation* 0,89, panjang antrian 77 meter dan tundaan 53 detik menjadi nilai *degrees of saturation* 0,81, panjang antrian 71 meter dan tundaan 48 detik. simpang III mengalami peningkatan dengan nilai *degrees of saturation* 0,92, panjang antrian 83 meter dan tundaan 58 detik menjadi nilai *degrees of saturation* 0,82, panjang antrian 79 meter dan tundaan 51 detik.

kata kunci: tundaan, derajat kejenuhan, panjang antrian, tingkat pelayanan, Koordinasi Simpang

PENDAHULUAN

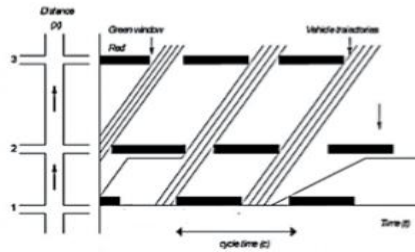
Persimpangan adalah hal yang sangat penting dalam sistem jaringan lalu lintas sebab pertemuan antara dua jalan yang saling berpotongan menyebabkan konflik lalu lintas sehingga dapat mengurangi kinerja pelayanan persimpangan. Kota Semarang merupakan Kota Metropolitan memiliki banyak persimpangan yang mempunyai masalah tersendiri khususnya beberapa persimpangan yang berada pada koridor ruas jalan pamulasih kota semarang. Permasalahan tersebut terjadi pada beberapa simpang pada satu koridor ruas jalan yang memiliki Kinerja simpang yang buruk pada *level of service* D, E. Bahkan ditambah lagi dengan jarak antara persimpangan saling berdekatan. Permasalahan yang timbul pada persimpangan yang memiliki jarak yang saling berdekatan tersebut adalah kendaraan harus selalu mengantri pada persimpangan yang secara langsung menambah waktu perjalanan setiap kendaraan akibat lamanya tundaan ketika melewati persimpangan tersebut. Kondisi tersebut terjadi pada ruas jalan pamulasih kota semarang terdapat empat simpang yang memiliki jarak antar simpang < 800 meter sehingga pada teori koordinasi memungkinkan untuk dilakukan koordinasi antar persimpangan. Keempat persimpangan tersebut adalah Simpang I (Bongsari) Simpang II (Sampokong) simpang III (Kaligarang) dan Simpang IV (Kariadi).

Dengan adanya permasalahan yang ada pada wilayah studi maka diperlukannya penanganan terhadap keempat simpang APILL tersebut dengan upaya melakukan optimasi dan koordinasi antar simpang APILL tersebut dan peneliti tertarik melakukan penelitian “Analisa dan Koordinasi Sinyal Antar Simpang Pada Ruas Jalan Pamulasih Kota Semarang”. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan *scenario* atau penanganan terbaik terkait permasalahan yang ada pada wilayah studi.

TINJAUAN LITERATUR

Persimpangan adalah simpul dalam sistem jaringan jalan dimana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan (Direktorat jendral Perhubungan Darat, 1996). Persimpangan merupakan faktor penting dalam sistem jaringan jalan karena persimpangan menentukan tinggi rendahnya waktu perjalanan karena terdapat waktu hambatan ketika kendaraan melewati persimpangan. Menurut Hoobs (1995), Persimpangan jalan merupakan simpul transportasi yang terbentuk dari beberapa pendekat dimana arus kendaraan dari beberapa pendekat tersebut bertemu dan memencar meninggalkan persimpangan.

Koordinasi antar sinyal dilakukan bertujuan untuk mengurangi *delay* atau tundaan pada simpang yang akan dikoordinasikan dengan tujuan kendaraan yang melewati simpang pertama diupayakan tidak mendapatkan sinyal merah ketika sampai pada simpang ke dua. Menurut Taylor dkk (1996) koordinasi antar sinyal adalah suatu cara agar dapat mengurangi antrian dan tundaan. Koordinasi antar sinyal akan baik apabila kecepatan kendaraan kecil dan kendaraan yang akan keluar simpang selalu membentuk iring-iringan kendaraan atau platoon sistem serentak warna sinyal berkerja secara bersamaan dengan tujuan mencapai gelombang hijau pada koordinasi sinyal. Berikut merupakan gambar prinsip koordinasi antar sinyal.



Sumber: Taylor dkk, 1996

Gambar 2 Prinsip Koordinasi Sinyal dan Green Wave

Berikut merupakan hal yang diperhatikan dalam mengkoordinasikan persimpangan adalah sebagai berikut :

1. Prinsip Koordinasi simpang

Kordinasi sinyal lalu lintas diharapkan akan mengurangi tundaan yang terjadi dan dapat mempersingkat waktu perjalanan. Menurut taylor (1996) koordinasi simpang bersinyal memiliki prinsip:

- a. Waktu siklus sinyal pada tiap persimpangan diusahakan sama, untuk mempermudah menentukan sinyal hijau dari satu simpang ke simpang selanjutnya.
- b. Pola pengaturan simpang yang digunakan adalah fixed time signal, Karena koordinasi sinyal dilakukan berlanjut

2. Syarat mengkoordinasi beberapa sinyal

Ketika kendaraan yang akan mendapatkan prioritas waktu hijau pada persimpangan kendaraan akan mempertahankan dalam keadaan platoon hingga persimpangan berikutnya. Jarak kendaraan mempertahankan dalam keadaan platoon adalah 300 meter (McShane dan Roes, 1990). Berikut merupakan persyaratan untuk melakukan koordinasi antara sinyal:

- a. Jarak antar simpang < 800 m
- b. Semua sinyal harus memiliki panjang waktu sinyal yang sama
- c. Digunakan pada jalan utama (arteri/Kolektor)
- d. Terdapat sekelompok kendaraan (platoon) akibat dari lampu lalu lintas di bagian hulu.

3. Sistem Koordinasi sinyal dibagi atas 4 jenis yaitu

- a. Sistem serentak adalah semua warna sinyal menyala pada saat bersamaan
- b. Sistem berganti-ganti adalah sistem dimana indikasi sinyal berganti secara bersamaan akan tetapi warna yang ditampilkan warna yang berlawanan
- c. Sistem progresif sederhana berpedoman kepada siklus yang umum tetapi dilengkapi sinyal jalan secara terpisah

4. Offset dan bandwidth

Offset adalah perbedaan waktu antara dimulainya sinyal hijau pada simpang pertama dan waktu hijau pada simpang ke dua (C.S Papacostas, 2005). Lintasan koordinasi dibentuk melalui offset dan untuk mendapatkan nilai *offset* dihitung menggunakan diagram koordinasi.

Sementara itu *bandwidth* adalah perbedaan waktu dalam lintasan paralel sinyal hijau antara lintasan pertama dan lintasan terakhir (C.S Papacostas, 2005). Offset dan *bandwidth* dengan kecepatan konstan sehingga platoon bisa mendapatkan sinyal hijau dan tidak terhalang dengan sinyal merah.

ANALISIS DAN PEMECAHAN MASALAH

1. Kinerja Kondisi Eksisting Persimpangan

a. Inventarisasi Simpang APILL

Persimpangan pada koridor ruas Jalan Pamularsih terdapat 4 simpang APILL yang memiliki jarak antar simpang saling berdekatan berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari Tim PKL Kota Semarang tahun 2020. simpang APILL pada koridor ruas Jalan Pamularsih dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 1 Persimpangan Pada Koridor ruas Jalan Pamularsih

No	Nama Simpang	Tipe Pengendalian	Kode Pendekat	Nama Kaki Simpang
1.	Simpang Bongsari	APILL	S	JL. Pamularsih 1
			T	JL. Simongan
			B	JL. Pamularsih 2
2.	Simpang Sampokong	APILL	S	JL. Simongan
			T	JL. Pamularsih
			B	JL. Kaligarang
3.	Simpang Kaligarang	APILL	U	JL. Basudewo
			T	JL. Kaligarang 1
			S	JL. Kelud Raya
			B	JL. Kaligarang 2
4.	Simpang Kariadi	APILL	U	JL. DR Sutomo 1
			S	JL. DR Sutomo 2
			B	JL. Kaligarang

Sumber : Laporan Umum Kota Semarang Tahun 2020

b. Kinerja Simpang Eksisting

Dalam perhitungan kinerja simpang berpedoman kepada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI,1997). Kinerja pelayanan simpang menggunakan indikator ds (*degree of saturation*), antrian dan tundaan rata-rata. Berikut merupakan kinerja persimpangan pada tabel dibawah sebagai berikut :

Tabel 2 Kinerja Simping Eksisting

Simpan g	Pendeka t	eksisting					LOS
		CT	GT	DS	QL	Delay	
I	S	83	20	0,72	38,95	36	D
	T	83	20	0,67	37,61	44	D
	B	83	25	0,81	76,11	49	D
II	S	83	21	0,77	57,17	46	D
	T	83	26	0,89	76,90	53	E
	B	83	21	0,72	53,09	49	D
III	S	85	20	0,74	52,61	50	E
	T	85	25	0,79	64,82	50	E
	B	85	25	0,92	83,89	58	E
IV	U	95	35	0,92	99,76	63	F
	T	95	24	0,85	76,98	54	E
	B	95	21	0,85	83,41	54	E

Sumber : Hasil analisis, 2021

2. Optimasi Kinerja Simping Kariadi

Untuk meningkatkan kinerja Simping Kariadi maka perlu dilakukan pelarangan parkir sejauh 50 meter. Sebab pada kondisi eksisting terdapat parkir pada jarak 20 meter pada persimpangan. pelarangan parkir ini dilakukan untuk meningkatkan kapasitas simping sehingga dapat menampung lebih banyak kendaraan. Optimalisasi dilakukan dengan merubah faktor penyesuaian untuk parkir yang semula 0,84 menjadi 0,92. Kinerja simping setelah dilakukan optimalisasi dapat dilihat dibawah ini. Setelah mengetahui faktor penyesuaian parkir maka nilai kinerja pada Simping Kariadi adalah sebagai berikut :

Tabel 3 Kinerja Simping Kariadi Setelah Optimasi

Kode Pendekat	Eksisting			Optimasi		
	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian	Tundaan rata-rata	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian	Tundaan rata-rata
	DS	QL	D = DT + DG det/smp	DS	QL	D = DT + DG det/smp
	= Q/C	(m)		= Q/C	(m)	
U	0,92	99,76	63	0,85	82,77	53
S	0,85	76,98	54	0,85	70,58	54
B	0,85	83,41	54	0,85	76,4	54

Sumber : Hasil analisis, 2021

Dari Hasil Analisa kondisi optimalisasi tabel di atas, menunjukkan bahwa kinerja Simping Kariadi mengalami peningkatan kinerja setelah dilakukan pelarangan parkir sejauh 50 meter dari simping. Hal ini ditunjukkan dengan menurunnya derajat kejenuhan yang semula 0,90 menjadi 0,84 serta berkurangnya panjang antrian

dan waktu tundaan . Dengan tundaan sebelum dilakukan penerapan sepanjang 99 meter menjadi 82 meter dan tundaan sebelum penerapan adalah 63 detik menjadi 53 detik. Sehingga tingkat pelayanan Simpang 3 APILL Kariadi yang awalnya adalah (F) menjadi (E).

3. Analisis Koordinasi Kondisi Eksisting

a. Waktu Siklus Koordinasi

Dalam analisis pengkoordinasian simpang APILL persyaratan bahwa setiap persimpangan memiliki waktu siklus total (c) sama setiap simpang yang akan di koordinasikan. Setiap perencanaan sebelumnya didasarkan kepada salah satu simpang yang memiliki waktu siklus terbesar dari setiap simpang. Waktu siklus terbesar tersebut adalah waktu siklus yang akan menjadi rujukan dalam perencanaan koordinasi simpang. Selanjutnya Dengan menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI,1997) pada setiap perencanaan sistem koordinasi simpang selanjutnya dilakukan perhitungan kinerja simpang I, II, III dan IV.

Tabel 4 Waktu Siklus Optimum

Simpang	Pendekat	Green Time	Co (detik)
I	S	28	$Co = \frac{(1,5 \times 18) + 5}{(1 - 0,60)} = 80$
	T	18	
	B	28	
II	S	18	$Co = \frac{(1,5 \times 15) + 5}{(1 - 0,66)} = 80$
	T	28	
	B	28	
III	S	18	$Co = \frac{(1,5 \times 15) + 5}{(1 - 0,68)} = 85$
	T	25	
	B	27	
IV	U	35	$Co = \frac{(1,5 \times 15) + 5}{(1 - 0,74)} = 95$
	T	24	
	B	21	

Sumber: Hasil Analisis, 2021

b. Kinerja Simpang Koordinasi Perencanaan I dan II

Perencanaan I waktu siklus dan waktu hijau simpang untuk koordinasi mengacu kepada Simpang 4 APILL Kaligarang yaitu sebesar 84 detik. Pada Simpang 4 APILL Kaligarang akan dicari terlebih dahulu waktu siklus optimal dan selanjutnya akan dijadikan waktu siklus pada simpang I dan II. Dan untuk Perencanaan II dilakukan dengan mengkoordinasikan 4 simpang APILL dengan perencanaan waktu siklus mengacu kepada Simpang Kariadi dengan nilai waktu siklus 95 detik yang selanjutnya nilai waktu siklus Simpang Kariadi akan dijadikan waktu siklus pada Simpang 3 APILL Bongsari, Simpang 3 APILL Sampokong dan Simpang 4 APILL Kaligarang. Setelah nilai waktu siklus perencanaan telah diketahui selanjutnya dilakukan perhitungan kinerja simpang

terkoordinasi yang berpedoman kepada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI,1997) . berikut merupakan perhitungan kinerja simpang terkoordinasi perencanaan I dan II pada tabel sebagai berikut :

Tabel 5 Kinerja Simpang Koordinasi

Simpang	Pendekat	Perencanaan I					Perencanaan II				
		CT	GT	DS	QL	Delay	CT	GT	DS	QL	Delay
I	S	85	20	0,73	39,70	38	95	23	0,71	38,71	42
	T	85	19	0,72	38,80	47	95	22	0,70	38,13	51
	B	85	28	0,74	70,04	45	95	32	0,72	72,66	52
II	S	85	20	0,81	58,69	48	95	24	0,78	57,17	51
	T	85	28	0,82	71,80	48	95	34	0,78	71,09	52
	B	85	20	0,75	54,83	51	95	22	0,78	56,63	59
III	S	85	18	0,81	55,21	54	95	20	0,81	54,98	58
	T	85	25	0,83	72,56	52	95	28	0,82	72,03	56
	B	85	28	0,82	79,38	51	95	32	0,79	78,32	54
IV	U	95	35	0,85	82,77	53	95	35	0,85	82,77	53
	T	95	24	0,85	70,58	54	95	24	0,85	70,58	54
	B	95	21	0,85	76,40	54	95	21	0,85	76,40	54

Sumber: Hasil Analisis, 2021

c. Pemilihan Perencanaan Terbaik

Pada pemilihan perencanaan terbaik ini akan dipilih perencanaan koordinasi sinyal antar simpang yang dilihat dari kinerja masing-masing perencanaan dengan indikator *degrees of saturation*, panjang antrian dan tundaan. pemilihan perencanaan terbaik menggunakan metode pembobotan yang akan dilihat dari kinerja rata-rata pada pendekat jalan arus utama (mayor) pada persimpangan. Setelah dilakukan perhitungan rata-rata terhadap masing-masing kinerja simpang pada setiap perencanaan selanjutnya dilakukan pemilihan perencanaan dengan cara:

1. pembobotan dilakukan terhadap masing-masing kinerja dengan nilai bobot *degrees of saturation* adalah 0,4, panjang antiran adalah 0,2 dan tundaan adalah 0,3
2. tingkat pemilihan dilakukan pemilihan berdasarkan kinerja terbaik diberi nilai 1 dan untuk nilai berikutnya diurutkan dari nilai kinerja terbaik selanjutnya.
3. hasil penilaian adalah jumlah perkalian antara ketiga indikator kinerja dengan tingkat pemilihan
4. hasil yang terpilih adalah nilai hasil pemilihan yang terkecil akan menjadi perencanaan yang terbaik dari pemilihan tersebut.

Tabel 6 Pemilihan Perencanaan Kinerja Terbaik

Perencanaan	Nilai dan Pembobotan			Tingkat Pemilihan			Hasil Pemilihan
	DS	QL	Delay	DS	QL	Delay	(TP DS x 0,5)+(TP QL x 0,2) +(TP Delay x 0,3)
	0,4	0,2	0,3				
I	0,83	77,38	51,49	1	1	1	0,9
II	0,82	77,69	52,78	1	2	2	1,4

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Dari hasil pemilihan perencanaan I adalah perencanaan terpilih dengan nilai pemilihan 0,9 yang memiliki nilai lebih kecil dibanding dengan perencanaan II yaitu 1,4. Untuk penilaian pemilihan dinilai dari nilai terkecil dari hasil pemilihan dan perencanaan I adalah perencanaan yang direkomendasikan untuk koordinasi antar sinyal pada ruas Jalan Pamularsih kota Semarang.

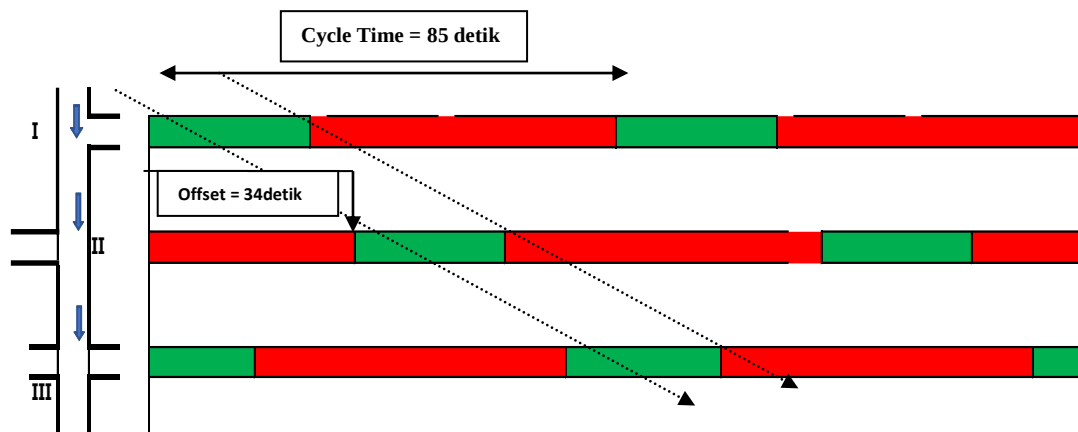
d. Diagram Jarak dan Waktu

Sistem koordinasi sinyal antar simpang dapat ditentukan oleh diagram waktu dan jarak. Diagram waktu dan jarak hanyalah grafik yang menunjukkan aliran platoon atau iring-iringan dengan pengaturan sinyal diplot secara horizontal. Sebelum melakukan koordinasi antar sinyal terlebih dahulu agar menghitung waktu offset adalah waktu selisih antara awal hijau pada simpang I dengan awal hijau pada simpang II. Untuk menghitung waktu offset memerlukan data kecepatan ruas antara simpang yang akan dikoordinasikan hal tersebut bahwa kendaraan yang akan melintasi simpang I menuju simpang II dengan kecepatan tertentu membentuk platoon sehingga kecepatan tersebut merupakan kecepatan platoon. Dengan kecepatan platoon maka waktu perjalanan dari simpang I menuju simpang II dapat diketahui. Berikut merupakan data ruas jalan yang digunakan sebagai perhitungan waktu tumpuh antar persimpangan ada tabel berikut :

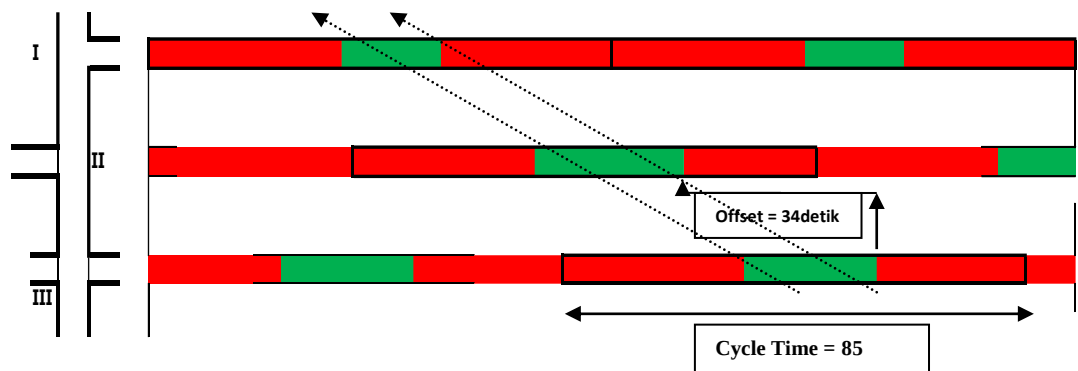
Tabel 7 Waktu Tempuh Rata- Rata

No	Nama Jalan	Panjang Ruas (M)	Kecepatan Per Arah km/jam		Kecepatan Per Arah m/detik		Waktu tempuh detik	
			Berangkat (A)	Kembali (B)	Berangkat (A)	Kembali (B)	Berangkat (A)	Kembali (B)
1	Jl. Pamularsih 2	328,17	34.07	34.21	9,46	9,5	34,69	34,54
2	Jl. Kaligarang	318,27	34.25	35.25	9,51	9,79	33,47	32,51
3	Jl. Kaligarang	558,3	43.23	44.17	11,94	12,26	46,76	45,54

Sumber: Hasil Analisis, 2021



Gambar 2 Diagram Alir Platoon pada Perencanaan I Utara menuju Selatan



Gambar 3 Diagram Alir Platoon pada Perencanaan I Selatan menuju Utara

Diagram waktu dan jarak koordinasi sinyal disusun berdasarkan waktu tempuh yang digunakan sebagai waktu *offset* untuk menggambarkan pergerakan platoon pada diagram koordinasi. Waktu hijau pada setiap simpang disusun berdasarkan waktu *offset* dengan menggeser waktu siklus secara horizontal sampai kepada waktu *offset* antar simpang. Nilai waktu siklus yang digunakan adalah nilai waktu siklus optimum pada simpang I yaitu 84 detik yang selanjutnya akan diperoleh waktu *bandwidth* yaitu waktu gelombang hijau yang melewati tiap simpang dimana persyaratan waktu *bandwidth* adalah tidak boleh mendapatkan sinyal merah. Nilai waktu *bandwidth* untuk utara menuju selatan adalah 23 detik dan selatan menuju utara adalah 15 detik. Diagram alir patoon terjadi 2 pergerakan pada arus utama yang dilakukan koordinasi antarsinyal berikut merupakan penjelasan mengenai pergerakan pada diagram air platoon :

1. Diagram alir platoon pada pergerakan barat menuju timur akan menjelaskan Gambar V.7 yang pada mulanya kendaraan akan terhenti pada pendekat barat simpang I sehingga akan membentuk platoon/iring-iringan kendaraan. setelah kendaraan terlepasan oleh pendekat barat simpang I platoon akan bergerak menuju simpang II dengan waktu *offset* (perbedaan waktu antara sinyal hijau pada simpang I dan simpang II) yang telah ditentukan maka platoon/iring-iringan kendaraan akan tepat menerima sinyal hijau ketika tiba pada simpang II.

2. Diagram alir platoon pada pergerakan timur menuju barat akan menjelaskan Gambar V.8 yang pada mulanya kendaraan akan berhenti pada pendekat timur simpang III sehingga akan membentuk platoon/iring-iringan kendaraan. setelah kendaraan terlepas oleh pendekat timur simpang III platoon akan bergerak menuju simpang II dengan waktu offset (perbedaan waktu antara sinyal hijau pada simpang III dan simpang II) yang telah ditentukan maka platoon/iring-iringan kendaraan akan tepat menerima sinyal hijau ketika tiba pada simpang II.

4. Perhitungan Iring-Iringan Arus Lalu Lintas (*The Prediction Of Dispersion Of Traffic*)

Platoon kendaraan atau iring-iringan yang melewati suatu persimpangan pada mulanya akan terkumpul pada suatu persimpangan dan dilepaskan dari sinyal lalu lintas di hulu persimpangan. Selanjutnya iringan platoon tersebut dapat di ketahui dengan menggunakan persamaan yang dilakukan oleh D.J. Robertson yang memperhitungkan jumlah kendaraan yang terlepas. Berikut merupakan perhitungan platoon/iring-iringan arus lalu lintas yang dapat dilepaskan oleh antar persimpangan.

a. Platoon dispersion simpang I (Bongsari) menuju simpang III (Kaligarang)

Pada perhitungan platoon dispersion simpang I (Bongsari) menuju simpang III (Kaligarang) adalah untuk mengetahui pergerakan platoon pada jalan arus utama dari arah barat menuju timur. platoon dilakukan pengumpulan data pada pendekat barat Simpang Bongsari yang akan melepaskan kendaraan berdasarkan interval waktu setiap 5 detik. Berikut merupakan data jumlah kendaraan yang terlepas pada pendekat barat Simpang Bongsari

Tabel 8 Perhitungan Dispersion Arus Utama Barat Menuju Timur

I (detik)	Q1(i) smp/satuan waktu	I+t	Q2(i+t) $*qz(i+t) = Fq_1(z) + (1-F)qz(i+t-I)*$	smp terlewatkan simpang 2	smp yang lepas pada simpang 1
			0		
5	7,2	29	0,26	0,26	7,2
10	10,8	34	1,07	1,32	18
15	9,8	39	1,74	3,06	27,8
20	10,2	44	2,39	5,45	38
25	6,6	49	2,71	8,16	44,6
30		54	2,50	9,34	

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Dari hasil analisis di atas maka dapat diketahui jumlah kendaraan yang terlepas pada simpang 1 dengan interval waktu 5 detik selama waktu hijau pada Simpang Bongsari pendekat barat yaitu 25 detik. Pada mulanya kendaraan akan menunggu pada pendekat barat simpang I akibat menerima sinyal merah dan akan dilepaskan dengan Jumlah kendaraan yang terlepas selama fase hijau pada pendekat barat Simpang Bongsari adalah 44,64 smp/satuan waktu. Selanjutnya setelah platoon/iring-iringan kendaraan tersebut terlepas dan menuju simpang II dengan nilai waktu perjalanan yang telah ditentukan dan dari hasil analisis menggunakan formula D.J Robertson diketahui nilai arus lalu lintas yang berhasil di lepaskan pada simpang II adalah sebesar 9,34 smp/satuan waktu.

b. Platoon dispersion simpang III (Kaligarang) menuju II (Sampokong)

Pada perhitungan platoon dispersion simpang III (Kaligarang) menuju simpang II (Sampokong) adalah perhitungan yang dilakukan pada arus utama dari arah pergerakan timur menuju kearah barat. Platoon/ iring-iringan arus lalu lintas dilakukan pengumpulan data pada pendekat timur Simpang Kaligarang sebab awal pergerakan platoon dimulai dari pendekat timur simpang Kaligarang dan diperkirakan jumlah platoon dispersion yang dapat dilepaskan pada simpang II. Berikut merupakan data jumlah kendaraan yang dilepaskan pada pendekat timur Simpang Sampokong berdasar interval waktu 5 detik.

Tabel 9 Perhitungan Dispersion Arus Utama Timur Menuju Barat

I (detik)	Q1(i) smp/satuan waktu	I+t	$Q2(i+t)$ $*qz(i+t) = Fq1(z) +$ $(1-F)qz(i+t-I)*$	smp terlewatkan simpang 2	smp yang lepas pada simpang 1
			0		
5	6,8	32,2	0,47	0,47	6,8
10	11,4	37,2	1,21	1,68	18,2
15	12,8	42,2	2,01	3,69	31
20	10,8	47,2	2,61	6,30	41,8
25	7,2	52,2	2,92	9,22	49
30		57,2	2,72	11,95	

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Dari hasil analisis di atas maka dapat diketahui jumlah kendaraan yang terlepas pada simpang 1 dengan interval waktu 5 detik selama waktu hijau pada simpang Bongsari pendekat barat yaitu 25 detik. Jumlah kendaraan yang terlepas selama fase hijau pada pendekat barat Simpang Bongsari adalah 49 smp/satuan waktu. dan dari hasil analisis menggunakan formula D.J Robertson diketahui nilai arus lalu lintas yang berhasil di lepaskan adalah 11,95 smp/satuan waktu.

5. Analisis Menggunakan Vissim

Pada analisis menggunakan software vissim akan dicari nilai kinerja eksisting dan kinerja skenario perencanaan I dan selanjutnya dari output yang dihasilkan vissim akan dibandingkan antara nilai kinerja eksisting dengan perencanaannya.

a. Kalibrasi Model Vissim

Kalibrasi Model vissim dilakukan agar model vissim yang dibuat agar merepresentasikan dengan kondisi eksisting lapangan dengan mengubah parameter-parameter driving behaviour berikut merupakan tabel parameter kalibrasi Model vissim

Tabel 10 Parameter Kalibrasi Vissim

Kalibrasi ke-	Parameter yang Diubah	Komponen yang diubah	Nilai	
			Default Vissim	Sesudah Kalibrasi
1	Car Following	<i>Average Standstill Distance</i>	2 m	0,5 m
2		<i>Additive Part of Safety</i>	2 m	0,8 m
3		<i>Multiplicative Part of</i>	3 m	1 m
4	Lateral	<i>Desired Position at Free</i>	<i>Midle of lane</i>	<i>Any</i>
5		<i>Minimum Distance</i>	1 m	0,5m
6		<i>Minimum Distance Driving</i>	1 m	0,8 m

Sumber: Hasil Analisis, 2021

b. Validasi Model

Validasi model dilakukan agar mengetahui bahwa model vissim yang telah dibuat dapat digunakan dan merepresentasikan pada kondisi eksisting dilapangan. Metode yang digunakan dalam validasi model vissim adalah GEH (Geoffrey E Havers) berikut merupakan validasi model yang dilakukan

Tabel 11 Validasi Model Vissim

SIMP	PENDEKAT	VOLUME SURVEY	VOLUME MODEL	GEH %
SIMP 1	B	1.126	981	4,473
	T	423	460	1,775
	S	1.007	940	2,154
SIMP 2	B	1.155	995	4,889
	T	1.069	938	4,145
	S	615	581	1,395
SIMP 3	B	1.116	913	6,377
	T	1.235	1098	3,996
	S	604	494	4,707

Sumber: Hasil Analisis, 2021

berdasarkan analisis di atas nilai GEH% kurang dari 10 merupakan nilai GEH % yang dapat ditoleransi sehingga model dapat diterima dan merepresentasikan pada kondisi eksisting.

Tabel 12 Kesimpulan Rumus GEH

GEH < 5,0	diterima
$5,0 \leq \text{Geh} \leq 10,0$	peringatan kemungkinan model eror
GEH > 10,0	ditolak

Sumber : Hasil Analisis, 2021

Maka berdasarakan table kesimpulan dari hasil perhitungan rumus statistik *Geovrey e heavr* dapat diambil kesimpulan dari hasil simulasi model adalah sebagai beriku :

Tabel 13 Validasi Model Vissim

SIMP	PENDEKAT	VOLUME SURVEY	VOLUME MODEL	GEH %	Kesimpulan
					(GEH%)
SIMP 1	B	1.126	981	4,473	diterima
	T	423	460	1,775	diterima
	S	1.007	940	2,154	diterima
SIMP 2	B	1.155	995	4,889	diterima
	T	1.069	938	4,145	diterima
	S	615	581	1,395	diterima
SIMP 3	B	1.116	913	6,377	diterima
	T	1.235	1098	3,996	diterima
	S	604	494	4,707	diterima

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Tabel 14 Hasil Pemodelan Vissim

SIMP	PENDEKAT	Nama Ruas Jalan	Kinerja Eksisting		Kinerja Perencanaan I	
			Deley	Q Lenght	Deley	Q Lenght
I	B	Jalan Pamularsih 1	42,67	117,99	33,26	89,6
	T	Jalan Simongan	36,16	52	36,59	55
	S	Jalan Pamularsih 2	35,23	66	31,64	80
II	B	Jalan Pamularsih 2	27,94	30,96	24,89	23,81
	T	Jalan Kaligarang 1	34,11	66,06	45,67	90,84
	S	Jalan Simongan	33,31	53,56	36,96	54,91
III	B	Jalan Kaligarang 1	56,55	130,18	48,15	75,96
	T	Jalan Kaligarang 2	65,75	143,98	50,93	118,12
	S	Jalan Keludraya	49,71	60,77	40,85	54,26

KESIMPULAN

Dari hasil anlialisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka penulis menyimpulkan:

1. Metode yang dilakukan untuk mengkoordinasikan simpangadalah dengan menentukan waktu siklus perencanaan yang merupakan waktu siklus optimum salah satu simpang dengan berpedoman kepada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI,1997). waktu siklus yang diperoleh akan menjadi waktu siklus pada simpang II,III dan IV pada perencanaan I waktu siklus yang digunakan adalah 85 detik yang merupakan waktu siklus optimum pada Simpang Bongsari. selanjutnya pengkoordinasian sinyal dilakukan dengan menentukan waktu *offset* yaitu waktu antara awal hijau pada simpang I dan awal hijau pada simpang II diperoleh dengan nilai 34 detik.

Dari waktu *offset* dan waktu siklus tersebut akan terbentuk lintasan aliran antara kedua simpang. aliran tersebut marupakan aliran plaaton yang tidak terganggu oleh sinyal merah dari awal simpang I sampai simpang IV. dari aliran tersebut didapatkan waktu *bandwidth* yang mana syarat utama waktu *bandwidth* adalah tidak boleh mengenai sinyal merah. dari diagram alir plaaton pada perencanaan I diperoleh waktu *bandwidth* untuk arus Utara–Selatan adalah 23 detik dan untuk arus selatan – utara adalah 15 detik.

2. kinerja Simpang Kariadi mengalami peningkatan kinerja setelah dilakukan pelarangan parkir sejauh 50 meter dari simpang. Hal ini ditunjukkan dengan menurunnya derajat kejenuhan yang semula 0,92 menjadi 0,84 serta berkurangnya panjang antrian dan waktu tundaan. Dengan tundaan sebelum dilakukan penerapan sepanjang 99 meter menjadi 80 meter dan tundaan sebelum penerapan adalah 63 detik menjadi 49 detik. Sehingga tingkat pelayanan Simpang 3 APILLKariadi yang awalnya adalah (F) menjadi (E).
3. Perencanaan terpilih adalah Perencanaan I merupakan perencanaan simpang koordinasi terpilih yang memberikan kinerja terbaik dari kedua perencanaan yang sudah diusulkan dengan simpang I mengalami peningkatan dengan nilai *degrees of saturation* 0,81, panjang antrian 76 meter dan tundaan 49 detik menjadi nilai *degrees of saturation* 0,74, panjang antrian 70 meter dan tundaan 43 detik. simpang II mengalami peningkatan dengan nilai *degrees of saturation* 0,89, panjang antrian 77 meter dan tundaan 53 detik menjadi nilai *degrees of saturation* 0,81, panjang antrian 71 meter dan tundaan 48 detik. simpang III mengalami peningkatan dengan nilai *degrees of saturation* 0,92, panjang antrian 83 meter dan tundaan 58 detik menjadi nilai *degrees of saturation* 0,82, panjang antrian 79 meter dan tundaan 51 detik.
4. Pada pemodelan vissim yang dilakukan kinerja simpang mengalami peningkatan dengan simpang I memiliki tundaan 42,67 detik dan antrian 117,99 menjadi tundaan 33,26 dan antrian 89,6, simpang II memiliki tundaan 27,94 detik dan antrian 30,96 menjadi tundaan 24,89 dan antrian 23,81 simpang III memiliki tundaan 56,55 detik dan antrian 130,18 menjadi tundaan 48,15 dan antrian 75,696

SARAN

Dari kesimpulan yang telah di uraikan, terdapat beberapa saran yang penulis usulkan diantaranya:

1. Pada Simpang Kariadi memiliki kinerja terburuk dari keempat simpang khususnya pada pendekat utara Simpang Kariadi dengan nilai *degrees of saturation* 0,92 panjang antrian 99 meter dan tundaan 63 detik sehingga tingkat pelayanan pada Simpang Kariadi adalah (F) sehingga perlunya menerapkan pengawasan terhadap penerapan kebijakan larangan parkir pada ruas Jalan Dr Sutomo sehingga nilai kapasitas dapat dipertahankan dengan optimal.
2. Perlunya menerapkan koordinasi simpang pada perencanaan I pada kondisi yang sesungguhnya di lapangan untuk meningkatkan kinerja arus lalu lintas pada kedua persimpangan tersebut dengan menggunakan Perencanaan ke I sebagai perencanaan dengan kinerja terbaik .
3. Dari analisa Koordinasi antar sinyal yang dilakukan pada ruas Jalan Pamularsih Kota Semarang Usulan Perencanaan Koordinasi yang dilakukan Tidak efektif lagi Bilamana dilakukan berupa pembangunan jalur Khusus sepeda dan penutupan pada salah satu ruas Jalan Pamularsih. seiring bertambahnya penggunaan kendaraan pribadi jumlah Demand akan semakin tinggi akan tetapi supply atau kapasitas jaringan jalan tidak mungkin dilakukan penambahan. untuk itu perlu dilakukan manajemen demend dengan menekan jumlah kendaraan pribadi dengan dibarengi dengan penyediaan moda angkutan umum yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- _____, 1991, Keputusan Direktur Jendral Perhubungan Darat No:AJ 401/1/1/7 tentang Pedoman Pengendalian Lalu Lintas Terpusat.
- _____, 1997, Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI).
- _____, 2009, Undang–Undang Republik Indonesia Nomor 22 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.

- _____, 2015, Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas.
- Abubakar, dkk. 1995. Sistem Transpotrasi Kota. Jakarta: Direktorat Jendral Perhubungan Darat.
- BPS Kota Semarang. 2010. Kota Semarang dalam Angka 2020. Semarang : BPS Kota Semarang.
- Emal Zain Muzambeh (2010). Analisa dan koordinasi Sinyal Antar Simpang Ruas Jalan Diponegoro Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Hoobs, F.D. 1995 Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Khisty, C.J dan Lall, B.K (2006). Dasar-dasar Rekayasa Transportasi Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Mira Inriyani Djakaria (2016). Evaluasi Kinerja dan Koordinasi Simpang Bersinyal Pada Simpang Empat Jalan Jenderal Sudirman – Jalan Lagaligo dan Jalan Syarif Alqadri Dengan Simpang Empat Jalan Haji Bau dan Jalan Mongon sisi. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Muhammad Irwan (2019). Evaluasi dan Koordinasi Antar Simpang Dengan Menggunakan Pendekatan Mikrosimulasi (Vissim). Universitas Islam Indonesia.
- Muhammad Aulia Alibagio (2017). Analisis kinerja dan nilai manfaat diberlakukannya sistem satu arah (studi kasus Simpang Lima Semarang). Universitas Diponegoro.
- Morlok, E. K. 1991. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Jakarta : Erlangga
- Papacostas, C.s and Prevedouros, P D 2005. Transportation and Enggeneering and Planing. Singapura: Prentic Hall.
- R.J.Salter (1989) Highway Traffic Analysis and Design. University of Breadford: Civil Engineering.
- Tamin, O.Z. (2008) . *Perencanaan, Permodelan dan Rekayasa Transportasi*. Bandung : ITB
- Taylor, Michael dan Young, Wiliam (1996) Understanding Traffic System. Sydney: Avebury Technical.
- Tim PKL Kota Semarang. 2020. *Pola Umum Transportasi Darat di Kota Semarang*. Bekasi : STTD