

PENINGKATAN KINERJA SIMPANG BERSINYAL TEGALLEGA BERDASARKAN PEMODELAN SIMPANG KOORDINASI

Amanda Dwi Reina¹

Departemen Pendidikan Teknik Sipil
Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Setiabudi No. 229 Bandung
amandadreina@upi.edu

Juang Akbardin

Departemen Pendidikan Teknik Sipil
Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Setiabudi No. 229 Bandung
akbardien@upi.edu

Dadang M. Ma'some

Departemen Pendidikan Teknik Sipil
Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Setiabudi No. 229 Bandung
dadang1712@upi.edu

Abstract

Population growth in Bandung encourages higher activity so it increases the number of vehicles at intersections. Congestion often occurs during peak hours, including at three adjacent intersections namely PT Inti Intersection, Tegallega Intersection, and Leuwi Panjang Intersection which are 332 meters and 622 meters apart. A solution is needed to make the performance of the intersection improves so that it remains safe and comfortable when passing. The data used are traffic flow at peak hours, vehicle speed, cycle time, and intersection geometry. Analysis was carried out using PKJI 2014 and micro-simulation-based analysis using PTV Vissim so the existing condition and alternative performance improvements can be defined. From alternatives 1, 2, and 3 at peak hours the best result obtained is the second alternative with a cycle time of 203 seconds. Alternative 2 decreases 14,9% of queue length, 20,11% of delay, and 0,3 of level of service.

Keywords: Signal Coordination, Intersection Performance, Level of Service, PKJI 2014, PTV Vissim

Abstrak

Pertumbuhan penduduk di Kota Bandung mendorong aktivitas yang semakin tinggi sehingga meningkatkan jumlah kendaraan di persimpangan. Pada jam-jam sibuk seringkali ditemui kemacetan termasuk di tiga simpang berdekatan yakni Simpang PT Inti, Simpang Tegallega, dan Simpang Leuwi Panjang yang berjarak masing-masing 332 meter dan 622 meter. Dibutuhkan suatu solusi dalam meningkatkan kinerja simpang agar tetap aman dan nyaman saat dilewati. Data yang digunakan adalah kecepatan kendaraan, arus lalu lintas pada jam puncak, waktu siklus, dan geometri simpang. Pada penelitian dilakukan analisis menggunakan PKJI 2014 kemudian analisis berbasis mikro-simulasi menggunakan perangkat lunak PTV Vissim sehingga kondisi kinerja simpang eksisting dan alternatif peningkatan kinerja simpang dapat didefinisikan. Hasil analisis didapatkan dari perencanaan Alternatif 1, 2, dan 3 pada jam puncak yang terbaik yakni alternatif kedua dengan waktu siklus 203 detik. Alternatif 2 menghasilkan penurunan panjang antrian 14,9%, tundaan 20,11%, dan derajat kejenuhan sebesar 0,3.

Kata Kunci: Koordinasi Sinyal, Kinerja Simpang, Tingkat Pelayanan, PKJI 2014, PTV Vissim

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk mendorong aktivitas yang semakin tinggi sehingga meningkatkan jumlah kendaraan khususnya di Kota Bandung. Peningkatan jumlah volume kendaraan yang tidak diiringi dengan peningkatan kapasitas jalan tentu akan menyebabkan kemacetan salah satunya di titik simpang. Secara normatif, kinerja simpang yang optimal adalah ketika simpang masih mampu menampung kendaraan pada jam puncak dengan nyaman dan aman. Fakta di lapangan, dengan keadaan jarak antar simpang yang dekat dan volume lalu lintas

¹ Corresponding author: amandadreina@upi.edu

yang berlebih akibat pertumbuhan lalu lintas, pemberhentian berulang pada simpang akibat lampu merah sering terjadi pada pengendara. Kondisi ini tentu dapat merugikan pengendara akibat konsumsi bahan bakar dan hilangnya waktu pada saat berhenti di simpang. Pengaturan alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL) yang sudah diterapkan saat ini masih belum berperan maksimal dalam mengurai permasalahan yang terjadi di simpang Tegallega. Padahal, kinerja simpang yang menurun dapat berdampak buruk bagi pengguna jalan.

Tegallega adalah salah satu taman kota dan ruang terbuka yang ada di Kota Bandung seluas 19 hektar. Tegallega dikelilingi oleh empat ruas jalan yakni Jl. BKR, Jl. Otista, Jl. Ibu Inggit Garnasih, dan Jl. Moh. Toha. Di bagian selatan Tegallega, terdapat tiga simpang bersinyal berdekatan yakni Jl. Moh. Toha – Jl. BKR (Simpang I), Jalan Otista – Jalan Peta – Jalan Pelindung Hewan – Jalan BKR (Simpang II), dan Jl. Peta – Jl. Leuwi Panjang (Simpang III). Jarak antara simpang kesatu dan kedua yakni 350 meter, sementara simpang kedua dan simpang ketiga yakni 650 meter. Simpang-simpang tersebut terletak di rute lingkaran Kota Bandung yang merupakan daerah komersial dan dikelilingi beberapa tempat-tempat penting sehingga sering dijumpai kemacetan, diantaranya perkantoran, sekolah, dan pasar sehingga volume kendaraan yang melintas menjadi sangat tinggi.



Sumber: Google Earth Pro

Gambar 1. Citra Satelit Peta Lokasi Studi

Penelitian ini menyajikan hasil analisis kinerja lalu lintas kondisi eksisting pada tiga simpang bersinyal Selatan Tegallega, usulan alternatif waktu siklus yang paling efektif dalam peningkatan kinerja Simpang Tegallega, serta analisis peningkatan kinerja lalu lintas pada simpang bersinyal Tegallega dengan pemodelan koordinasi berdasarkan PKJI 2014 dan perangkat lunak PTV Vissim 2022.

KAJIAN PUSTAKA

Simpang Bersinyal

Persimpangan dapat diartikan sebagai daerah di mana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas di dalamnya (AASHTO, 2001). Menurut Alamsyah (2005), jenis simpang dibagi menjadi dua berdasarkan pengaturannya yakni pengaturan simpang tanpa lampu lalu lintas dan dengan lampu lalu lintas.

Simpang bersinyal merupakan persimpangan yang mempunyai Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) untuk pengaturan arus kendaraan yang melintas setiap pendekatnya. APILL biasa digunakan untuk menampung kapasitas simpang pada jam puncak serta mengurangi kecelakaan antara kendaraan dari arah yang berlawanan (PKJI, 2014). Peningkatan kinerja simpang bersinyal adalah suatu proses atau cara meningkatkan kemampuan kerja persimpangan yang memiliki APILL untuk pengaturan arus kendaraan.

Beberapa parameter yang harus diketahui dalam menganalisis kinerja simpang bersinyal diantaranya:

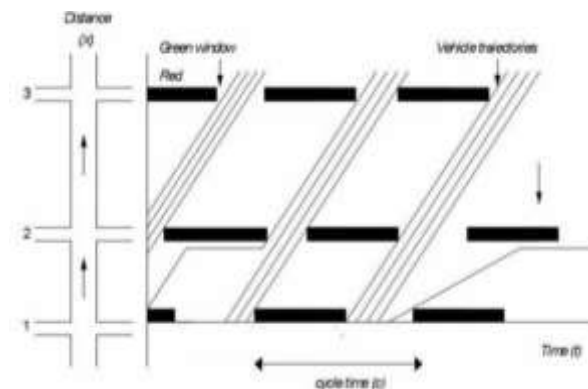
- a. Panjang Antrian, yaitu panjang dari antrian kendaraan dalam suatu pendekat.
- b. Tundaan, yaitu waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui simpang.
- c. Rasio Kendaraan Henti, yaitu rasio kendaraan pada pendekat yang harus berhenti akibat lampu merah sebelum melewati suatu simpang.
- d. Tingkat Pelayanan, yaitu ukuran kualitas pelayanan persimpangan yang dapat ditentukan dengan perbandingan antara volume dan kapasitas yaitu tundaan.

Koordinasi Simpang

Iring-iringan kendaraan yang keluar dari suatu sinyal akan tetap mempertahankan grupnya hingga sinyal berikutnya (McShane dan Roess, 1990). Adapun sistem koordinasi sinyal berfungsi untuk mengikuti volume lalu lintas maksimum untuk melewati simpang tanpa berhenti (Taylor dkk, 1996). Syarat dalam koordinasi sinyal diantaranya:

- a. Jarak antar simpang yang dikoordinasikan tidak lebih dari 800 meter. Jika lebih dari 800 meter maka koordinasi sinyal tidak efektif lagi.
- b. Semua sinyal harus mempunyai panjang waktu siklus (*cycle time*) yang sama.
- c. Umumnya digunakan pada jaringan jalan utama (arteri, kolektor) dan juga dapat digunakan untuk jaringan jalan yang berbentuk grid.
- d. Terdapat sekelompok kendaraan (*platoon*) sebagai akibat lampu lalu lintas di bagian hulu.

Dalam koordinasi simpang, terdapat konsep *offset* dan *bandwidth*. *Offset* adalah perbedaan waktu dari dimulainya sinyal hijau pada simpang pertama dan awal hijau pada simpang berikutnya. *Bandwidth* adalah perbedaan waktu dalam lintasan paralel sinyal hijau antara lintasan pertama dan lintasan terakhir (C.S. Papacostas, 2005).



Sumber: Taylor et al., 1996

Gambar 2. Prinsip Koordinasi Sinyal dan Green Wave

Perangkat Lunak PTV Vissim

PTV Vissim adalah sebuah *software* atau perangkat lunak simulasi kondisi lalu lintas mikro dan pemodelan transportasi yang dikembangkan oleh Planung Transport Verkehr di Jerman. Pada mikro-simulasi dikenal sebuah konsep bernama *car following model*. Teori *Car Following Model* memiliki konsep mengenai suatu kendaraan yang mengikuti kendaraan lain dan bagaimana pengemudi bereaksi terhadap perubahan posisi relatif dan kecepatan kendaraan didepannya (Gouioez et al., 2013).

Dalam membuat suatu model yang dapat merepresentasikan kondisi di lapangan, perlu dilakukan kalibrasi dan validasi agar pemodelan dapat mendekati atau mewakili tinjauan yang diamati. Proses kalibrasi dilakukan dengan membentuk nilai-nilai parameter yang sesuai dengan karakteristik di lapangan, sementara validasi dilaksanakan dengan cara membandingkan hasil pada observasi Vissim dengan hasil simulasi menggunakan rumus GEH (Geoffrey E. Havers) dengan batas toleransi untuk selisih sebesar 10%.

METODOLOGI

Lokasi penelitian adalah tiga simpang bersinyal di Selatan Taman Tegallega, yaitu Simpang PT Inti, Simpang Tegallega, dan Simpang Leuwi Panjang. Pada penelitian ini, digunakan metode deskriptif kuantitatif. Data yang digunakan adalah data primer dan sekunder.

Data primer berupa volume arus lalu lintas didapatkan dari rekaman CCTV ATCS Kota Bandung selama tiga hari yakni Senin, Rabu, dan Sabtu pada perkiraan jam puncak pukul 06.30 – 08.30 WIB untuk periode pagi dan pukul 16.00 – 18.00 WIB untuk periode sore dengan interval 15 menit. Perhitungan kendaraan dilakukan secara manual pada tiga jenis kendaraan yakni kendaraan ringan (*Light Vehicle*), kendaraan berat (*Heavy Vehicle*), dan sepeda motor (*Motorcycle*) sesuai dengan arah gerak kendaraannya yakni belok kanan (*Right Turn*), belok kiri (*Left Turn*), dan lurus (*Straight Turn*). Selain itu data primer juga didapatkan survei lapangan diantaranya geometrik simpang, kecepatan kendaraan, dan *driving behaviour* atau karakteristik mengemudi di lapangan yang akan digunakan untuk

analisis. Data sekunder pada penelitian ini yaitu jumlah penduduk dan citra satelit.

Instrumen yang digunakan diantaranya formulir dan alat tulis, aplikasi *traffic counter*, meteran, pilox, pita ukur, perangkat lunak *Microsoft Office* dan *PTV Vissim 2022* dengan *Thesis Licence*. Pertama, analisis dilakukan dengan metode PKJI 2014 dan selanjutnya dilakukan pemodelan dengan *PTV Vissim* sehingga kinerja dari ketiga simpang dapat diketahui.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil *traffic counting* yang dilaksanakan selama tiga hari yakni pada hari Senin, Rabu, dan Sabtu, selama perkiraan jam puncak pagi dan sore, didapatkan data volume lalu lintas yakni sebagai berikut.

Tabel 1. Volume Lalu Lintas (kend/jam)

Waktu	Sabtu, 26 Maret 2022	Rabu, 30 Maret 2022	Senin, 28 Maret 2022
06.30 - 07.30	32120	44342	43498
06.45 - 07.45	35695	48262	47248
07.00 - 08.00	38648	50945	50255
07.15 - 08.15	40606	51725	51366
07.30 - 08.30	40186	49657	49804
16.00 - 17.00	38960	45177	43787
16.15 - 17.15	38540	47420	47135
16.30 - 17.30	38438	48862	49623
16.45 - 17.45	37946	49019	50913
17.00 - 18.00	37424	47872	50378

Berdasarkan tabel di atas, diketahui jam puncak atau *peak hour* terjadi pada hari Rabu pukul 07.15 – 08.15 WIB. Rentang waktu ini merupakan jam berangkat sekolah, kerja, dan aktivitas lainnya sehingga arus lalu lintas sangat padat dengan total arus sebanyak 51728 kendaraan. Waktu siklus kondisi eksisting pada Simpang PT Inti dan Simpang Tegallega adalah 245 detik, sementara untuk Simpang Leuwi Panjang sebesar 120 detik. Berikut ini distribusi arus selama jam puncak.

Tabel 2. Distribusi Arus Lalu Lintas Simpang Tegallega pada Jam Puncak

Lokasi	Simpang Tegallega											
	Utara (Jl. Otista)			Timur (Jl. BKR)			Selatan (Jl. Inhoftank)			Barat (Jl. Peta)		
Lengan												
Tipe Kendaraan	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT
LV	210	59	369	22	476	141	39	25	24	30	591	44
HV	7	0	19	0	17	0	0	0	0	8	20	0
MC	1891	864	1891	241	2796	928	238	415	389	1016	3618	293
smp/arah/jam	2108	923	2279	263	3289	1069	277	440	413	1054	4229	337

Tabel 3. Distribusi Arus Lalu Lintas Simpang PT Inti pada Jam Puncak

Lokasi	Simpang PT Inti											
	Utara (Jl. M. Toha)			Timur (Jl. BKR)			Selatan (Jl. M. Toha)			Barat (Jl. BKR)		
Lengan	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT
LV	77	147	40	197	456	80	186	285	186	185	410	199
HV	0	2	6	9	16	0	3	15	8	2	15	13
MC	1455	555	142	1548	2212	226	1918	1282	872	1873	2391	985
smp/arah/jam	1532	704	188	1754	2684	306	2107	1582	1066	2060	2816	1197

Tabel 4. Distribusi Arus Lalu Lintas Simpang PT Inti pada Jam Puncak

Lokasi	Simpang Leuwi Panjang											
	Timur (Jl. BKR)			Selatan (Jl. Leuwi Panjang)			Barat (Jl. BKR)			Gang		
Lengan	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT
LV	303	682	40	343	6	206	3	393	182	4	0	0
HV	1	26	0	10	0	0	0	11	6	0	0	0
MC	1489	3451	123	2057	550	1607	111	3162	1778	131	179	203
smp/arah/jam	1793	4159	163	2410	556	1813	114	3566	1966	135	179	203

Analisis Kondisi Eksisting

Berdasarkan perhitungan menggunakan PKJI 2014 dan PTV Vissim, didapatkan hasil kinerja simpang kondisi eksisting sebagai berikut.

Tabel 5. Kinerja Simpang Kondisi Eksisting

Lokasi	PKJI 2014			PTV Vissim		
	DS	QL (m)	Delay (s)	QL (m)	Delay (s)	LoS
Simpang 1	0.78	160.80	72.65	135.90	69.11	F
Simpang 2	0.79	156.65	207.28	192.48	151.58	F
Simpang 3	0.61	106.98	60.58	114.51	60.36	F
Rata-Rata	0.73	141.48	113.50	147.63	93.68	F

Derajat kejenuhan rata-rata pada ketiga simpang sebesar 0,73 dengan tingkat pelayanan simpang masih berada pada kategori F. Untuk itu, dilakukan perencanaan alternatif berupa pengaturan waktu siklus yang baru agar kinerja pada simpang dapat meningkat dan menjadi lebih baik.

Alternatif Waktu Siklus Baru

Upaya mengurangi panjang antrian dan tundaan yang terjadi di lapangan dapat dilakukan dengan beberapa alternatif salah satunya pengaturan waktu siklus APILL paling efektif yang dapat diterapkan. Guna mendapatkan kinerja yang terbaik, waktu siklus pada simpang yang dikoordinasikan adalah Simpang 1 dan 2. Untuk kenyamanan pada simpang 3, waktu siklus yang diterapkan tidak sama dengan simpang 1 dan 2 namun tetap mengutamakan peningkatan kinerja simpang.

Pada penelitian ini direncanakan tiga alternatif waktu siklus dengan pemilihan waktu siklus terbaik mempertimbangkan parameter-parameter kinerja simpang diantaranya derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan. Alternatif waktu siklus yang baru yakni:

a. Perencanaan 1

Perencanaan waktu siklus kesatu mengacu pada waktu siklus simpang tertinggi pada perhitungan menggunakan PKJI 2014 yakni pada Simpang Tegallega. Waktu siklus hasil perhitungan sebesar 260 detik sehingga waktu siklus Simpang 2 mengikuti waktu tersebut. Perencanaan kesatu menghasilkan derajat kejenuhan sebesar 0,68.

b. Perencanaan 2

Perencanaan waktu siklus kedua mengacu pada rerata waktu siklus Simpang PT Inti dan Tegallega berdasarkan perhitungan PKJI 2014 selama 203 detik. Perencanaan kedua menghasilkan derajat kejenuhan sebesar 0,70.

c. Perencanaan 3

Perencanaan waktu siklus ketiga menggunakan *trial* dan *error* pada waktu siklus selama 235 detik. Perencanaan ini menghasilkan derajat kejenuhan 0,67.

Simulasi dengan perangkat lunak PTV Vissim dilakukan sebanyak tiga kali dengan *random seed* yang berbeda, yaitu 47, 50, dan 53. Berdasarkan hasil *running*, hasil analisis kinerja simpang sebagai berikut.

Tabel 6. Hasil Panjang Antrian Evaluasi Vissim

Lokasi	Pendekat	Eksisting	Alternatif 1 (260)		Alternatif 2 (203)		Alternatif 3 (235)	
		Queue Length (m)	Queue Length (m)	Selisih (%)	Queue Length (m)	Selisih (%)	Queue Length (m)	Selisih (%)
Simpang 1	Utara	54.93	63.79	-16.13	49.42	10.03	64.43	-17.29
	Timur	108.77	120.63	-10.91	87.23	19.81	100.93	7.21
	Barat	240.26	293.86	-22.31	206.27	14.15	213.94	10.96
	Selatan	139.64	152.98	-9.56	149.62	-7.15	124.12	11.11
Simpang 2	Utara	206.16	208.93	-1.34	207.71	-0.75	210.78	-2.24
	Timur	251.09	293.41	-16.86	141.49	43.65	218.25	13.08
	Barat	164.37	164.32	0.03	164.41	-0.03	164.54	-0.10
Simpang 3	Selatan	148.28	146.38	1.28	117.32	20.88	138.45	6.63
	Timur	128.08	117.31	8.41	110.60	13.65	119.42	6.76
	Barat	121.99	85.81	29.66	84.16	31.01	97.26	20.27
	Selatan	93.47	97.19	-3.98	91.92	1.66	88.34	5.49
Rata-Rata		150.64	158.60		128.20		140.04	

Tabel 7. Tundaan Hasil Evaluasi Vissim

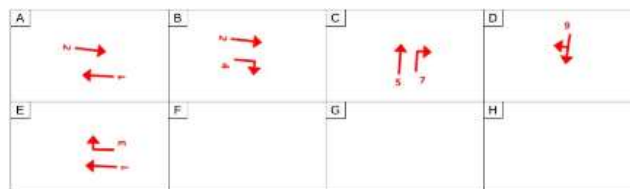
Lokasi	Lengan	Eksisting		Alternatif 1 (260)			Alternatif 2 (203)			Alternatif 3 (235)		
		Tundaan (s)	LoS	Tundaan (s)	LoS	Selisih (%)	Tundaan (s)	LoS	Selisih (%)	Tundaan (s)	LoS	Selisih (%)
Simpang 1	U	24.0	C	24.3	C	-1.6	19.4	C	19.1	21.2	C	11.4
	T	42.5	E	45.2	E	-6.3	31.5	D	25.9	39.3	D	7.6
	S	56.5	E	88.4	F	-56.5	54.7	E	3.2	78.8	F	-39.4
	B	153.4	F	141.0	F	8.1	122.9	F	19.9	138.2	F	9.9

Lokasi	Lengan	Eksisting		Alternatif 1 (260)			Alternatif 2 (203)			Alternatif 3 (235)		
		Tundaan (s)	LoS	Tundaan (s)	LoS	Selisih (%)	Tundaan (s)	LoS	Selisih (%)	Tundaan (s)	LoS	Selisih (%)
Simpang 2	U	44.6	E	60.0	E	-34.4	60.6	F	-35.8	50.6	E	-13.5
	T	131.1	F	129.9	F	0.9	93.2	F	28.9	131.0	F	0.1
	S	327.2	F	158.2	F	51.6	238.7	F	27.0	132.0	F	59.7
	B	103.4	F	90.3	F	12.7	65.4	F	36.7	100.1	F	3.2
Simpang 3	T	140.2	F	141.2	F	-0.7	127.7	F	8.9	143.5	F	-2.4
	S	23.7	C	18.7	C	21.2	18.5	C	22.0	18.3	C	22.7
	B	17.2	C	18.2	C	-5.6	17.2	C	-0.1	17.0	C	0.9

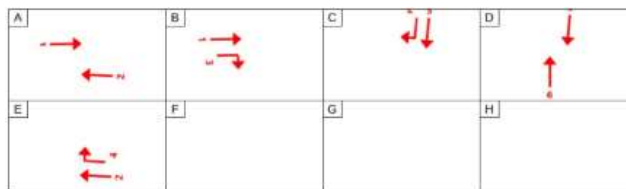
Perencanaan waktu siklus baru pada jam puncak yang menghasilkan kinerja terbaik adalah alternatif 2 yakni 203 detik pada Simpang 1 dan 2 serta 110 detik pada Simpang 3. Alternatif ini menghasilkan hasil penurunan derajat kejenuhan sebesar 0,3, panjang antrian sebesar 14,9%, dan tundaan sebesar 20,11% sehingga kinerja simpang menjadi lebih baik. Berikut adalah waktu hijau dan waktu siklus pada alternatif 2.

Tabel 8. Waktu Siklus Alternatif 2

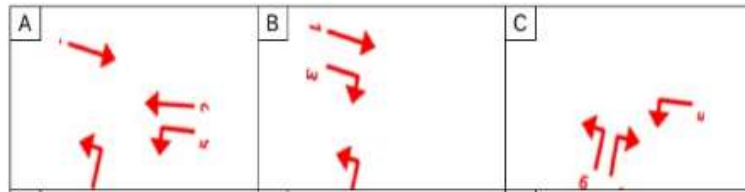
Fase	SP. PT Inti	SP. Tegallega	SP. Leuwi Panjang
1	20	30	35
2	45	38	30
3	45	35	30
4	23	20	
5	45	55	
<i>Green Time</i>	178	178	95
<i>Cycle Time</i>	203	203	110



Gambar 3. Definisi Phasa Sinyal Simpang PT Inti



Gambar 4. Definisi Phasa Simpang Tegallega



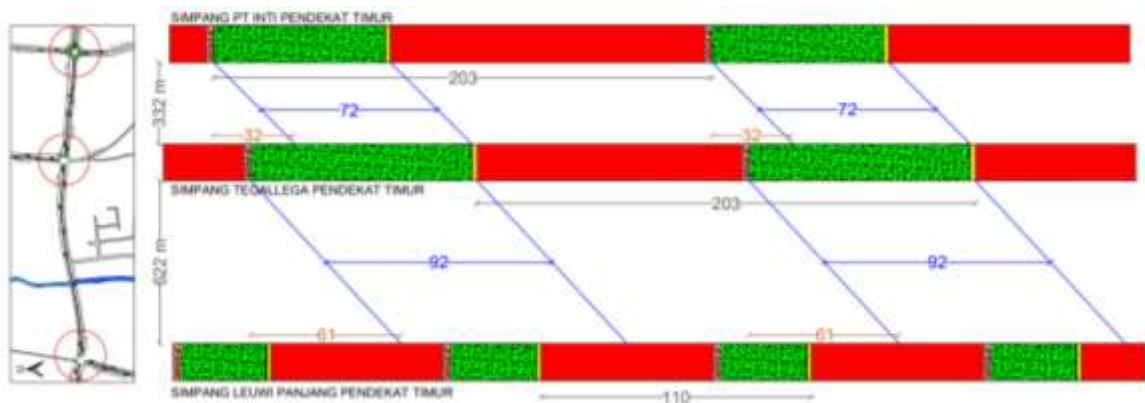
Gambar 5. Definisi Fasa Sinyal Simpang Leuwi Panjang

Pada gambar di atas, dapat dilihat urutan fase sinyal pada pada masing-masing simpang adalah sama seperti kondisi eksisting. Penentuan waktu *offset* dilakukan dengan perhitungan waktu tempuh antar simpang dengan membagi jarak dengan kecepatan rata-rata kendaraan. Perhitungan yakni sebagai berikut.

$$t_{1-2} = 0,332 \text{ meter} / 36,57 \text{ km/jam} = 32 \text{ detik} \quad (1)$$

$$t_{2-3} = 0,622 \text{ meter} / 36,57 \text{ km/jam} = 61 \text{ detik} \quad (2)$$

Didapatkan *offset* simpang kesatu ke simpang kedua sebesar 32 detik dan simpang kedua ke simpang ketiga sebesar 61 detik. Setelah dibuat diagram koordinasi, didapat *bandwidth* simpang kesatu ke simpang kedua sebesar 72 detik dan simpang kedua ke simpang ketiga sebesar 92 detik. Diagram koordinasi sinyal dari arah Timur ke Barat dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6. Diagram Koordinasi Sinyal Alternatif 2

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis menggunakan dua metode yang telah penulis lakukan, penulis dapat menyimpulkan beberapa hal yakni sebagai berikut:

- a. Pada evaluasi ketiga simpang yang dianalisis dapat diambil informasi bahwa Simpang PT Inti dan Simpang Tegallega secara waktu siklus sudah terkoordinasi, Simpang Leuwi Panjang tidak terkoordinasi namun masih berada dalam lintasan *bandwidth* dari *platoon*

Simpang Tegalle. Berdasarkan analisis pada kondisi eksisting menggunakan PKJI 2014, derajat kejenuhan Simpang PT Inti 0,67, Simpang Tegalle 0,79, dan Simpang Leuwi Panjang 0,67.

- b. Alternatif waktu siklus terdiri atas tiga skema yakni 260 detik, 203 detik, dan 235 detik. Dari perencanaan waktu siklus baru pada jam puncak yang menghasilkan kinerja terbaik adalah alternatif 2 yakni 203 detik pada Simpang 1 dan 2 serta 110 detik pada Simpang 3. Alternatif ini menghasilkan penurunan panjang antrian sebesar 14,9%, tundaan sebesar 20,11%, dan derajat kejenuhan dari 0,73 menjadi 0,7.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat-Nya makalah ini dapat terwujud. Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepada Bapak Dr. Ir. T. Juang Akbardin, S.T., M.T., IPM. dan Bapak Dr. Ir. H. Dadang Mohamad Ma`soem, M.SCE. selaku dosen penanggung jawab yang telah memberikan arahan dalam penulisan makalah ini. Tidak lupa ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada kedua orang tua yang tidak henti-hentinya memberikan doa dan dukungan baik moril maupun materiil.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. 2001. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Fourth Edition. Washington D.C.
- Alamsyah, A. A. 2005. *Rekayasa Lalu-lintas*. Malang: UMM Press.
- C.S., Papacostas. 2005. *Transportation Engineering and Planning S1 Edition*. Singapore: Pearson/Prentice Hall.
- Gouioez, Mounir, et al. 2013. *A New Car-Following Model: As Stochastic Process using Multi Agent System*. Moroko: University of Al Quaraouiine.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2014. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia: Kapasitas Simpang APILL*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- McShane, W.R., Roess, R.P., and Prassas, E.S. 1990. *Traffic Engineering*, 1st ed, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Taylor, M. dan Young, W. 1996. *Understanding Traffic System*. Averbury Technical. Sydney.