

Pemodelan Simpang Bersinyal Akibat Perubahan Urutan Fase Dengan *Software Ptv Vissim* Pada Simpang Empat Bersinyal Senopati Yogyakarta

The Modeling Signalized of Intersection Due to Change The Order of Phase With Software PTV Vissim at Senopati Signalized Intersection of Yogyakarta

Egis Permana, Muchlisin

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Yogyakarta adalah kota yang perkembangannya cukup pesat, hal ini berdampak pada arus lalu lintas yang semakin padat, apalagi pada persimpangan jalan yang sering terjadi kemacetan. Seperti pada simpang Senopati Yogyakarta yang sering terjadi kemacetan pada jam-jam sibuk. Penggunaan urutan fase pada sistem APILL masih menggunakan urutan fase searah jarum jam. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kinerja simpang setelah dilakukan perubahan urutan fase lampu APILL menggunakan software VISSIM. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode survei lalu lintas dan data pendukung lainnya (kondisi lingkungan, geometrik jalan) di lapangan dan pemodelan menggunakan program VISSIM 10.0. Dari hasil pemodelan dapat diketahui kinerja simpang pada kondisi eksisting berada pada tingkat pelayanan F dan nilai tundaan 115.5 detik/kendaraan. Setelah dilakukan beberapa skenario maka didapatkan urutan fase yang efektif ketika rasio belok pada simpang tersebut mencapai angka 90% untuk rasio belok kanan dan 10% untuk rasio lurus pada lengan barat dan timur dengan nilai tundaan sebesar 70.29 detik/kendaraan dan tingkat pelayanan (LOS) E.

Kata Kunci : Pemodelan Vissim, Simpang Bersinyal, Tundaan

Abstract. Yogyakarta is a city whose development is quite rapid, this has an impact on the increasingly congested traffic flow, especially at the crossroads that often occur congestion. Like the Senopati intersection in Yogyakarta, traffic jams often occur at rush hour. The use of phase sequences in the APILL system still uses a clockwise phase sequence. This study aims to analyze the performance of intersections after the change of phase sequence of APILL lamp using VISSIM software. The data used in this research is using traffic survey method and other supporting data (environmental condition, road geometric) in field and modeling using VISSIM 10.0 program. Based on the modeling results can be known intersection performance on the existing condition is at service level F and the value of delay 115.5 seconds / vehicle. After several scenarios are carried out, an effective phase sequence is obtained when the turn ratio at the intersection reaches 90% for the right turn ratio and 10% for the straight and east arm ratio with a delay value of 70.29 seconds / vehicle and service level E.

Keywords : Signalized intersection, vehicle delay, vissim modeling.

1. Pendahuluan

Semakin maju suatu wilayah atau suatu kota maka dapat dipastikan tingkat aktivitas atau kesibukan di kota tersebut akan semakin tinggi, hal itu akan berdampak pula kepada semakin tingginya kebutuhan transportasi, misalnya saja kota Yogyakarta yang terkenal sebagai kota pelajar dan kota wisatanya. Dari tahun ketahun angka pertumbuhan masyarakat di Yogyakarta semakin meningkat, baik pertumbuhan dari meningkatnya angka kelahiran maupun dari

semakin banyaknya pelajar dan wisatawan yang datang ke kota Yogyakarta. Hal itu menyebabkan banyak masalah transportasi yang muncul sebagai akibat dari tingginya aktivitas di kota Yogyakarta, contohnya saja terjadi penumpukan kendaraan atau terjadinya kemacetan di persimpangan jalan. Kemacetan atau terjadinya penumpukan kendaraan di persimpangan jalan bisa terjadi karena kurang efektifnya fase lampu APIL. Demi memperlancar arus kendaraan maka

perubahan urutan lampu fase APIL perlu dilakukan.

Penelitian tentang analisis simpang bersinyal yang dilakukan oleh Pradana dkk. (2016) menyatakan bahwa kinerja simpang belum mendekati jenuh karena nilai derajat kejenuhan kurang dari 0,75. Dengan melakukan optimalisasi lampu lalu lintas dengan menggunakan metode MKJI 1997 kemudian disimulasikan pada *software VISSIM*, maka dapat menghasilkan panjang antrian yang berkurang (Ikbal dkk., 2017).

Hormansyah dkk. (2016) melakukan penelitian dimana VISSIM digunakan untuk memodelkan sebuah perempatan jalan raya dengan kondisi lalu lintas yang disesuaikan dengan kondisi yang sebenarnya. Putri dan Irawan (2015) menyatakan perubahan waktu siklus lampu APILL membuat panjang antrian berkurang.

Lubis (2016) menyebutkan bahwa kemacetan yang terjadi lebih karena perilaku pengendara yang sering menerobos lampu APILL. Semakin kecil jarak kendaraan yang berhenti, maka antrian menjadi semakin pendek (Utomo dkk., 2016). Perlu dilakukannya perubahan fase sinyal lampu APILL pada simpang agar tidak / bisa mengurangi kemacetan (Anjarwati, 2014). Terjadinya lama waktu tundaan dikarenakan belum sesuai dengan pengaturan sinyal lampu apil dengan kebutuhan arus lalu lintas yang ada pada setiap pendekatan, dan geometri jalan sudah tidak mampu melayani kebutuhan arus yang ada (Sari, 2015). Yulianto dan Munawar (2017) melakukan penelitian yang bertujuan untuk menentukan nilai kapasitas jalan bebas hambatan di Indonesia menggunakan pendekatan mikrosimulasi dengan menggunakan perangkat lunak VISSIM. Analisis tarikan dan bangkitan perjalanan akibat pembangunan *mix-used plan (mix-used JogjaOne Park)* dengan metode pembandingan (Muchlisin, 2016).

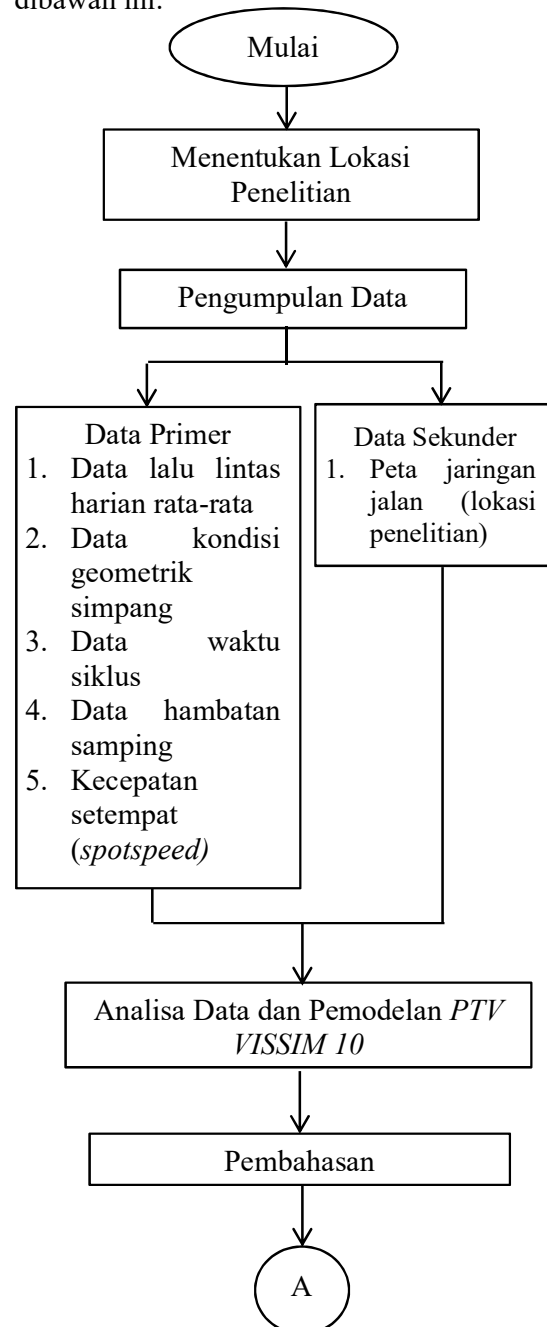
Pada simpang bersinyal Senopati Yogyakarta dengan urutan fase pada sistem APILL masih menggunakan urutan fase yang searah dengan jarum jam.

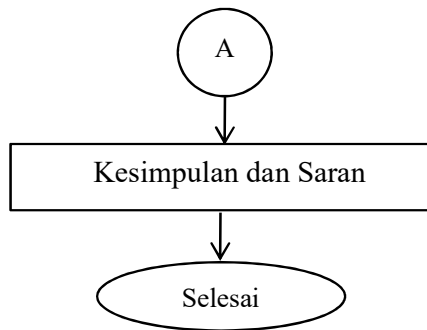
Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemodelan ulang pada simpang bersinyal Senopati Yogyakarta, urutan fase serta menentukan rasio belok yang lebih

efektif dengan menggunakan *software PTV VISSIM 10.0*.

2. Metode penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode survei lalu lintas dan data pendukung lainnya (kondisi lingkungan, geometrik jalan) di lapangan dan pemodelan menggunakan program *PTV VISSIM 10.0*. Metode ini akan dijelaskan secara rinci pada bagan alir dibawah ini, dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

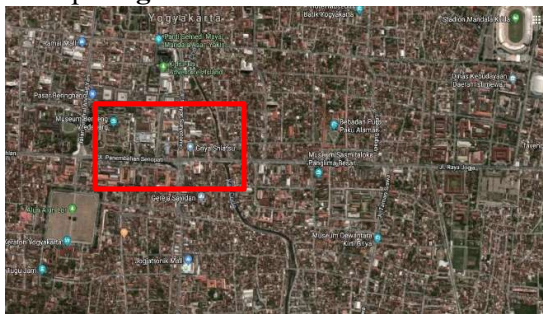




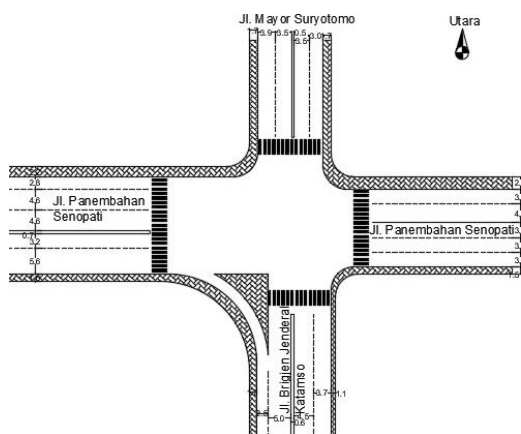
Gambar 1. Bagan penelitian

2.1.Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan pada simpang empat bersinyal Senopati yang berada di tengah kota Yogyakarta, yang dimana merupakan lokasi pertemuan antara Jalan Panembahan Senopati (barat dan timur), Jalan Mayor Suryotomo (utara), dan Jalan Brigjen Katamso (selatan). Seperti pada gambar 2. dan lebar geometrik jalan pada simpang empat bersinyal Senopati dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 2. Lokasi penelitian



Gambar 3. Lebar geometrik jalan

- a. Lebar pada lengan barat = 25,3 m
- b. Lebar pada lengan utara = 17,9 m
- c. Lebar pada lengan timur = 21,5 m
- d. Lebar pada lengan selatan = 19,1 m

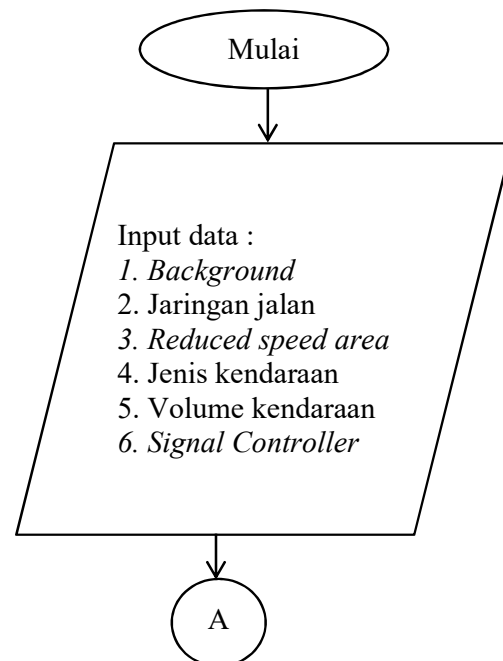
2.2.Pemodelan software PTV VISSIM

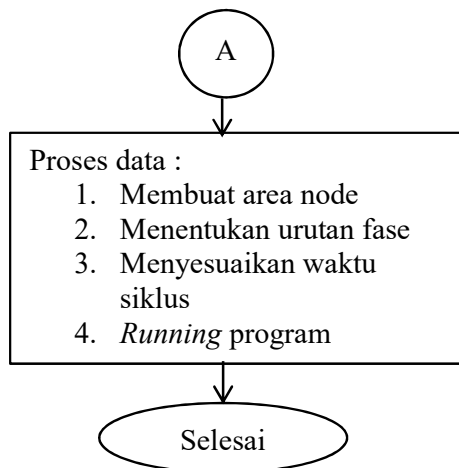
Dari pemodelan ini data yang digunakan adalah hasil dari survei langsung ke lapangan, kemudian dimodelkan dalam software PTV VISSIM 10.0. Dalam pemodelan ini analisis yang ditampilkan berupa gambar animasi 2D/3D, serta akan menampilkan hasil output yang akan di bahas dalam penelitian ini. Adapun hasil yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pada kondisi eksisting dan beberapa skenario yang memungkinkan untuk pembahasan dalam penelitian ini.

Pada penelitian ini digunakan suatu software yang memudahkan untuk pemodelan pada lalu lintas, adapun software yang digunakan adalah PTV VISSIM 10.00 Langkah-langkah pemodelan software PTV VISSIM 10.0 adalah sebagai berikut:

1. Memasukan peta lokasi simpang yang sudah disiapkan, kemudian membuat jaringan jalan berupa link dan connector sesuai data yang ada di lapangan.
2. Menentukan jenis kendaraan yang sudah dikelompokkan, vehicle types, vehicle classes.
3. Menentukan rute kendaraan, kecepatan kendaraan sesuai data yang ada.
4. Input volume kendaraan dan mengatur waktu sinyal.

Untuk lebih jelas dapat dilihat pada bagan berikut ini:



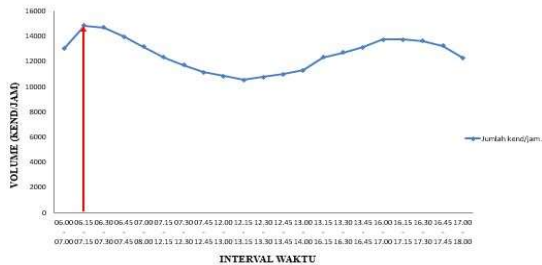


Gambar 4. Bagan Alir Pemodelan PTV VISSIM

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Volume jam puncak

Berdasarkan survei langsung ke lapangan pada jam 06.00-08.00, 12.00-14.00, dan 16.00-18.00, setelah dilakukan analisa jam puncak yang didapatkan adalah pada jam 06.45-07.45 dengan volume kendaraan sebesar 14.826 kendaraan/jam. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik pada volume jam puncak

3.2. Kecepatan kendaraan

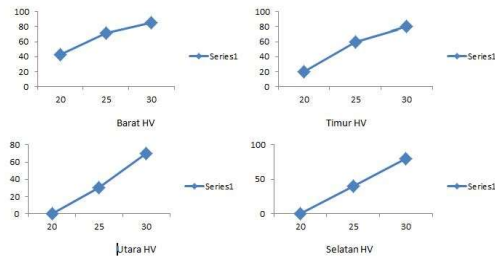
Berdasarkan pada survei saat dilapangan, kecepatan kendaraan yang didapatkan sebelum dan sesudah simpang, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Data Kecepatan Kendaraan Sebelum Simpang (kend/jam)

Lengan	HV	LV	MC	Lengan	HV	LV	MC
Utara	30	29	32	Barat	25	27	25
	31	30	30		26	24	30
	27	28	27		22	21	35
	32	29	34		28	26	41
	29	31	31		30	24	31
Selatan	32	35	32	Timur	32	30	26
	35	24	22		28	30	23
	31	27	24		26	31	25
	28	32	29		31	27	31
	32	21	28		30	26	28

Tabel 2. Data Kecepatan Kendaraan Setelah Simpang (kend/jam)

Lengan	HV	LV	MC	Lengan	HV	LV	MC
Utara	21	22	24	Barat	25	24	19
	25	18	26		26	25	20
	27	23	25		37	21	23
	24	20	27		34	27	24
	13	18	28		20	24	25
Selatan	28	20	26	Timur	25	23	21
	29	21	24		26	24	20
	28	26	25		30	19	24
	33	24	20		29	18	18
	34	25	22		31	25	22

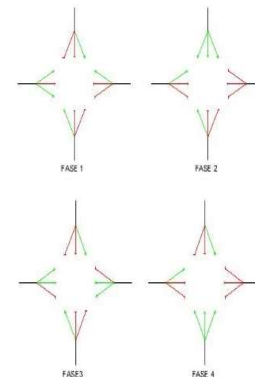


Gambar 6. Contoh Grafik Komulatif Tiap Lengan

3.3. Hasil running pemodelan

Berdasarkan pada beberapa percobaan yang dilakukan pada pemodelan dengan menggunakan software PTV VISSIM 10.0. Maka dari itu untuk mengetahui faktor-faktor urutan fase dan mendapatkan nilai rasio terbaik untuk perubahan urutan fase.

1. Kondisi eksisting, pemodelan pada kondisi ini menggunakan data yang sesuai pada lapangan
2. Skenario 1, dari pemodelan ini dilakukan perubahan rasio pada simpang kemudian merubah lajur pada lengan selatan dan utara dari 2 lajur menjadi 3 lajur. Adapun model perubahan fase pada skenario ini dapat dilihat pada gambar berikut ini.

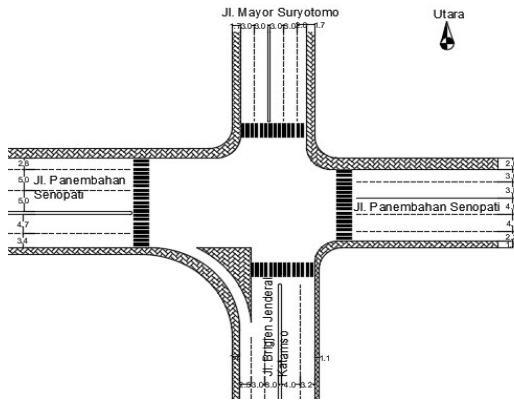


Gambar 6. Perubahan urutan fase

Fase 1	Barat Lurus	2	25	3	Merah			
	Timur Lurus	2	25	3	Merah			
Fase 2	Utara	Merah		AR	Hijau	K	Merah	
	Timur Kanan	Merah		AR	Hijau	K	Merah	
Fase 3	Barat Kanan	Merah		AR	Hijau	K	Merah	
	Selatan	Merah		AR	Hijau	K	Merah	

Gambar 7. Waktu siklus

3. Skenario 2 ialah lanjutan dari percobaan skenario 1, lebar lajur semua lengan mengalami perubahan akan tetapi tidak menambah lebar pada lengan dan semua lengan pada lebar masuk dibuat mempunyai 3 lajur yang masing-masing digunakan untuk lajur belok kiri, lurus dan belok kanan, serta pada lengan utara dibuat belok kiri menjadi langsung. Hal



Gambar 8. Perubahan lebar lajur

ini dilakukan karena dalam proses pengamatan secara visual pada saat proses *running* terdapat penumpukan kendaraan. Perubahan waktu siklus dilakukan pada pengaturan sesuai dengan metode MKJI 1997 berdasarkan fase dan volume arus lalu lintas pada simpang yang terjadi saat jam puncak.

Adapun perubahan lebar lajur pada skenario yang kedua ini dapat dilihat pada gambar 8, dan perubahan penyesuaian waktu siklus dapat dilihat pada gambar 9. Kemudian hasil *running* dari beberapa percobaan yaitu pada kondisi eksisting, skenario 1, dan skenario 2, dapat dilihat pada tabel 3, tabel 4, tabel 5.

Fase 1	Barat Lurus	2	40	3	Merah			
	Timur Lurus	2	40	3	Merah			
Fase 2	Utara	Merah		AR	Hijau	K	Merah	
	Timur Kanan	Merah		AR	Hijau	K	Merah	
Fase 3	Barat Kanan	Merah		AR	Hijau	K	Merah	
	Selatan	Merah		AR	Hijau	K	Merah	

Gambar 9. Waktu siklus penyesuaian

Tabel 3. Hasil running kondisi eksisting

No	Tahapan Analisis	Arah	Lengan Barat		Lengan Timur		Tundaan (detik/Kend)	LOS
			Rasio Belok (%)	Volume (kend/jam)	Rasio Belok (%)	Volume (kend/jam)		
1	Kondisi Eksisting	Lurus	80.392	2952	81.096	1939	115.5	F
		Kanan	19.608	720	18.904	452		
2	Trial 1	Lurus	90	3304.8	90	2151.9	114.9	F
		Kanan	10	367.2	10	239.1		
3	Trial 2	Lurus	80	2937.6	80	1912.8	109.9	F
		Kanan	20	734.4	20	478.2		
4	Trial 3	Lurus	70	2570.4	70	1673.7	118.2	F
		Kanan	30	1101.6	30	717.3		
5	Trial 4	Lurus	60	2203.2	60	1434.6	123.0	F
		Kanan	40	1468.8	40	956.4		
6	Trial 5	Lurus	50	1836	50	1195.5	120.9	F
		Kanan	50	1836	50	1195.5		
7	Trial 6	Lurus	40	1468.8	40	956.4	122.8	F
		Kanan	60	2203.2	60	1434.6		

Tabel 3. Lanjutan

No	Tahapan Analisis	Arah	Lengan Barat		Lengan Timur		Tundaan	LOS
			Rasio Belok (%)	Volume (kend/jam)	Rasio Belok (%)	Volume (kend/jam)		
8	Trial 7	Lurus	30	1101.6	30	717.3	102.6	F
		Kanan	70	2570.4	70	1673.7		
9	Trial 8	Lurus	20	734.4	20	478.2	111.1	F
		Kanan	80	2937.6	80	1912.8		
10	Trial 9	Lurus	10	367.2	10	239.1	113.4	F
		Kanan	90	3304.8	90	2151.9		

Tabel 4. Hasil running skenario 1

No	Tahapan Analisis	Arah	Lengan Barat		Lengan Timur		Tundaan	LOS
			Rasio Belok (%)	Volume (kend/jam)	Rasio Belok (%)	Volume (kend/jam)		
1	Kondisi Eksisting	Lurus	80.392	2952	81.096	1939	107.7	F
		Kanan	19.608	720	18.904	452		
2	Trial 1	Lurus	90	3304.8	90	2151.9	107.2	F
		Kanan	10	367.2	10	239.1		
3	Trial 2	Lurus	80	2937.6	80	1912.8	110.63	F
		Kanan	20	734.4	20	478.2		
4	Trial 3	Lurus	70	2570.4	70	1673.7	109.26	F
		Kanan	30	1101.6	30	717.3		
5	Trial 4	Lurus	60	2203.2	60	1434.6	118.27	F
		Kanan	40	1468.8	40	956.4		
6	Trial 5	Lurus	50	1836	50	1195.5	120.57	F
		Kanan	50	1836	50	1195.5		
7	Trial 6	Lurus	40	1468.8	40	956.4	115.68	F
		Kanan	60	2203.2	60	1434.6		
8	Trial 7	Lurus	30	1101.6	30	717.3	109.13	F
		Kanan	70	2570.4	70	1673.7		
9	Trial 8	Lurus	20	734.4	20	478.2	105.74	F
		Kanan	80	2937.6	80	1912.8		
10	Trial 9	Lurus	10	367.2	10	239.1	102.34	F
		Kanan	90	3304.8	90	2151.9		

Tabel 5. Hasil running skenario 2

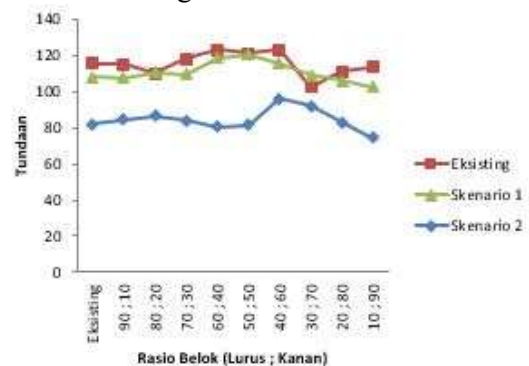
No	Tahapan Analisis	Arah	Lengan Barat		Lengan Timur		Tundaan (detik/Kend)	LOS
			Rasio Belok (%)	Volume (kend/jam)	Rasio Belok (%)	Volume (kend/jam)		
1	Kondisi Eksisting	Lurus	80.3922	2952	81.0958	1939	81.78	F
		Kanan	19.6078	720	18.9042	452		
2	Trial 1	Lurus	90	3304.8	90	2151.9	84.56	F

Tabel 5. Lanjutan

No	Tahapan Analisis	Arah	Lengan Barat		Lengan Timur		Tundaan (detik/ Kend)	LOS
			Rasio Belok (%)	Volume (kend/ jam)	Rasio Belok (%)	Volume (kend/ jam)		
3	Trial 2	Kanan	10	367.2	10	239.1	86.2	F
		Lurus	80	2937.6	80	1912.8		
		Kanan	20	734.4	20	478.2		
4	Trial 3	Lurus	70	2570.4	70	1673.7	84.12	F
		Kanan	30	1101.6	30	717.3		
5	Trial 4	Lurus	60	2203.2	60	1434.6	80.53	F
		Kanan	40	1468.8	40	956.4		
6	Trial 5	Lurus	50	1836	50	1195.5	81.27	F
		Kanan	50	1836	50	1195.5		
7	Trial 6	Lurus	40	1468.8	40	956.4	95.94	F
		Kanan	60	2203.2	60	1434.6		
8	Trial 7	Lurus	30	1101.6	30	717.3	91.69	F
		Kanan	70	2570.4	70	1673.7		
9	Trial 8	Lurus	20	734.4	20	478.2	82.92	F
		Kanan	80	2937.6	80	1912.8		
10	Trial 9	Lurus	10	367.2	10	239.1	70,29	E
		Kanan	90	3304.8	90	2151.9		

Pada kondisi ini dilakukan beberapa percobaan dengan merubah rasio belok dan volume kendaraan. Pada lengan barat dan timur, dengan percobaan yang dilakukan secara *trial and error* (merubah perbandingan rasio lurus dan belok kanan dari nilai 90% dan 10 %, dst.), kemudian didapatkan nilai LOS. Berdasarkan dari hasil beberapa percobaan pada penelitian ini bahwa perbandingan antara kondisi eksisting, scenario 1, scenario 2 dengan melakukan presenrase rasio belok, pengaturan ulang waktu siklus lampu APILL hingga perubahan pada jumlah dan lebar lajur maka diperoleh hasil terbaik pada scenario 2. Pada lengan barat rasio lurus 10% dengan volume kendaraan 367,2 kend/jam, rasio belok kanan 90% ddengan volume kendaraan 3304,8 kend/jam. Pada lengan timur dengan rasio lurus 10% dengan volume kendaraan 239,1 kend/jam, rasio belok kanan 90% dengan volume 2151,9 kend/jam.

Didapatkan nilai tundaan rata-rata sebesar 70,29 dan tingkat pelayanan (*LOS*) E. Hasil perbandingan dari beberapa percobaan pada penelitian ini dapat dilihat pada **tabel 6** dan **gambar 10** sebagai berikut:



Gambar 10. Grafik Perbandingan kinerja simpang

Tabel 6. Perbandingan kerja simpang

No	Tahapan Analisis	Arah	Lengan Selatan		Lengan Utara		Tundaan	LOS
			Rasio Belok (%)	Volume (kend/jam)	Rasio Belok (%)	Volume (kend/jam)		
1	Kondisi Eksisting	Lurus	30	1101.6	30	717.3	102.6	F
		Kanan	70	2570.4	70	1673.7		
2	Skenario 1	Lurus	10	367.2	10	239.1	102.34	F
		Kanan	90	3304.8	90	2151.9		
3	Skenario 2	Lurus	10	367.2	10	239.1	70.29	E
		Kanan	90	3304.8	90	2151.9		

4. Kesimpulan dan saran

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan program *software PTV VISSIM*, diperoleh hasil sebagai berikut:

- Hasil dari pemodelan diketahui bahwa kinerja simpang pada kondisi eksisting mendapatkan nilai tundaan 115.5 detik / kendaraan dan tingkat pelayanan (*LOS*) "F".
- Urutan fase dipengaruhi oleh rasio belok dan volume, nilai tundaan dan nilai *LOS* berdasarkan rasio belok dan volume adalah sebagai berikut:
 - Kondisi eksisting didapatkan nilai tundaan terkecil 102.6 detik/kendaraan dengan rasio belok kanan 70%, rasio lurus 30% dan tingkat pelayanan (*LOS*) F.
 - Skenario 1 diperoleh nilai tundaan terkecil 102.34 detik/kendaraan dengan rasio belok kanan 90 %, rasio lurus 10% dan tingkat pelayanan (*LOS*) F. Nilai tersebut lebih baik dibandingkan dengan yang diperoleh dilapangan.
 - Skenario 2 didapatkan nilai tundaan terkecil 70.29 detik/kendaraan dengan rasio belok kanan 90%, rasio lurus 10% dan tingkat pelayanan (*LOS*) E. Nilai tersebut jauh lebih baik dibandingkan dengan yang didapat dari lapangan.
- Nilai tundaan dan tingkat pelayanan (*LOS*) dari ketiga percobaan diatas, dapat diperoleh hasil bahwa urutan fase yang efektif akan berjalan dengan baik apabila

rasio belok pada simpang tersebut mencapai angka 90% untuk rasio belok kanan dan 10% untuk rasio lurus pada lengan barat dan timur dengan nilai tundaan sebesar 70.29 detik/kendaraan dan tingkat pelayanan (*LOS*) E.

5. Daftar pustaka

- Anjarwati, S. 2014. Analisis kinerja simpang bersinyal Dukuhwaluh Purwokerto. *Techno*, 15(1), 14-20.
- Hormansyah, D. S., Sugiarto, V., dan Amalia, E. L. 2016. Penggunaan Vissim Model Pada Jalur Lalu Lintas Empat Ruas. *Jurnal Teknologi Informasi: Teori, Konsep, dan Implementasi*, 7(1). 57-67.
- Iqbal, Sugiarto, dan Isya, M. (2017). Kinerja Dan Tingkat Pelayanan Simpang Bersinyal Pada Simpang Remi Kota Langsa. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 67-74.
- Lubis, R. I. (2016). Analisa Arus Jenuh dan Panjang Antrian pada Simpang Bersinyal dan Mikro Simulasi Menggunakan Software Vissim. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sumatra Utara.
- Muchlisin, M. (2016). Analisis Tarikan dan Bangkitan Perjalanan Akibat Pembangunan Mix-Used Plan (Mix-used JogjaOne Park) dengan Metode Perbandingan. *Semesta Teknika*, 19(2), 98-105.
- Munawar, A., dan Winnetou, I. A. (2015). Penggunaan Software Vissim Untuk Evaluasi Hitungan MKJI 1997 Kinerja Ruas Jalan Perkotaan (Studi Kasus: Jalan Affandi, Yogyakarta). *Prosiding 18th*

- FSTPT International Symposium, Bandar Lampung, 28 Agustus 2015
- Pradana, M. F., Budiman, A., dan Robekha, N. (2017). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal pada Simpang Ciruas Serang. *Jurnal Teknika*, 12(2), 375-386.
- Sari, R. R. (2015). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Secara Teoritis Dan Praktis. *Jurnal Potensi*: 17(1), 30-36.
- Utomo, R. B., Yulianyaha, R. W., dan Fauziah, M., 2016, Evaluasi Perilaku Lalu Lintas Pada Simpang Dan Koordinasi Antar Simpang (Studi Kasus: Simpang Stasiun Prambanan – Simpang Taman Wisata). *Jurnal Teknisia*, 21(1), 163-172.
- Yulianto, R. A., dan Munawar, A. 2017. Penentuan Kapasitas Jalan Bebas Hambatan Dengan Aplikasi Perangkat Lunak Vissim. *Jurnal Transportasi*, 17(2), 123-132.