

# Pemodelan Simpang Bersinyal Akibat Perubahan Urutan Fase Dengan *Software PTV VISSIM* Pada Simpang Empat Bersinyal Jetis

*The Modeling of Signalized Intersection Due to Change The Order of Phase With Software PTV VISSIM at Jetis Signalized Intersection*

**Arfa Jaya Syahrul, Muchlisin**

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

**Abstrak.** Pertumbuhan lalu lintas yang semakin berkembang berdampak pada simpang yang memungkinkan terjadinya konflik seperti kemacetan. Kemacetan tersebut diakibatkan oleh beberapa masalah seperti pada pengaturan sistem APILL. Penggunaan siklus dan urutan fase pada sistem APILL masih menggunakan urutan fase searah jarum jam atau sebaliknya. Simpang bersinyal di Jetis masih menggunakan urutan fase searah jarum jam, akibatnya pengemudi harus menunggu lama sampai lampu kembali hijau sedangkan arus lalu lintas di simpang tersebut cukup ramai. Metode yang digunakan adalah data yang diperoleh di lapangan (volume lalu lintas, geometrik, waktu siklus), kemudian dimasukkan ke dalam *PTV VISSIM*. Analisis yang dilakukan nanti akan menghasilkan animasi 2D dan 3D serta menghasilkan output-output yang akan digunakan dalam penelitian ini. Berdasarkan percobaan perubahan urutan fase, perubahan geometrik simpang, dan penyesuaian waktu siklus. Hasil pemodelan yang diperoleh pada kondisi eksisting di simpang bersinyal jetis tersebut termasuk pada tingkat pelayanan F (sangat buruk) dengan nilai tundaan 85,77 detik/kendaraan, sehingga sangat diperlukan evaluasi pada simpang tersebut. Hasil yang diperoleh dari simpang bersinyal jetis pada jam puncak 06.15-07.15 yaitu rasio terbaik pada lengan selatan dan utara dengan persentase rasio lurus 90% dan rasio belok kanan 10%, dengan nilai tundaan sebesar 63,81 detik/kendaraan dan tingkat pelayanan E.

Kata kunci: *PTV VISSIM*, rasio belok, simpang bersinyal, waktu siklus

**Abstract.** *The growth of traffic increasingly thriving impac on intersection that allow for the conflict as the congestion. Congestion is caused by some problems like on system settings APILL The use of cycle and order phase of on the system APILL still use the order phase of rotate clockwise or otherwise. Signalized intersection at Jetis still use the order phase of rotate clockwise, as a result the drivers had to wait for a long time until the light back to green while the flow traffic in intersection is crowded. The method of this study is data obtained in the field (volumes of traffic, geometric, time cycle), then put into PTV VISSIM. Analysis will produce animation 2D and 3D as well as produce output-output to be used in this research. Based on change of order phase, geometric intersection, and adjustment of time cycle. The modeling results obtained in the existing conditions at the Jetis intersection are included in the F category (very bad) with a delay values 85.77 seconds/vehicle, so that evaluation is needed. The results obtained from the Jetis intersection at peak hours 06.15-07.15 are the best ratios on the south and north areas with 90% straight ratio and 10% right turn ratio, with a delay values 63.81 seconds/vehicle with level of service in E category.*

Keyword: *cycle time, PTV VISSIM, signalized intersection, Turning ratio*

## 1. Pendahuluan

Transportasi adalah suatu perpindahan atau pergerakan orang dan atau barang dari tempat asal ke tempat tujuan dengan menggunakan sistem tertentu untuk tujuan tertentu (Morlok, 1984).

Transportasi adalah sistem yang terbagi atas prasarana dan atau sarana dimana merupakan sistem yang memungkinkan untuk

melakukan perpindahan dari suatu tempat atau wilayah ke wilayah lainnya untuk memenuhi kebutuhan penduduk, perpindahan barang, dan kemungkinan untuk ke semua wilayah yang terjangkau (Tamin, 2000).

Seiring dengan perkembangan zaman seperti yang diketahui bahwa pada era globalisasi seperti ini penambahan penduduk yang semakin tahun semakin banyak,

sehingga sangat berpengaruh pada aktifitas masyarakat. Maka dari itu penambahan diketahui bahwa disetiap persimpangan sering kali terjadi kemacetan lalu lintas contoh salah satunya terjadi pada simpang empat bersinyal Jetis.

Penggunaan *software VISSIM* untuk analisis simpang bersinyal yang dilakukan (Limanoond, 2013) menyatakan bahwa perbedaan signifikan terjadi pada deviasi (penyebaran hasil antrian. Dengan melakukan optimalisasi lampu lalu lintas dengan menggunakan metode MKJI 1997 kemudian disimulasikan pada *software VISSIM*, maka dapat menghasilkan panjang antrian yang berkurang (Irawan dan Putri, 2015).

Program *VISSIM* berguna untuk mengevaluasi kendala seperti lajur, sinyal lalu lintas, dan fasilitas lainnya (Iqbal dkk., 2017). Faisal dkk. (2017) melakukan perbandingan validasi antara data observasi di lapangan dengan hasil simulasi pada *VISSIM 8.0*.

Evaluasi perilaku lalu lintas yang dilakukan Utomo dkk. (2016) melakukan koordinasi sinyal lalu lintas dengan signal yang signifikan. Memperbaiki kinerja simpang sehingga semua parameter akan menjadi lebih baik (Ansusanto & Tanggu, 2016). Menurut Muchlisin (2016), mengetahui besaran dampak lalu lintas pada bangkitan dan tarikan perjalanan yang diakibatkan Mix-Used JogjaOne Park (JOP).

Pada pengaturan sinyal lalu lintas yang dilakukan oleh Cahyono (2013), Anjarwati (2014), dan Ibrahim (2017) mendapatkan hasil yang lebih bagus saat menganalisis simpang bersinyal dengan menggunakan metode MKJI 1997. Serta Pradana dkk. (2016) melakukan penelitian yang mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh pada simpang dengan kondisi eksisting.

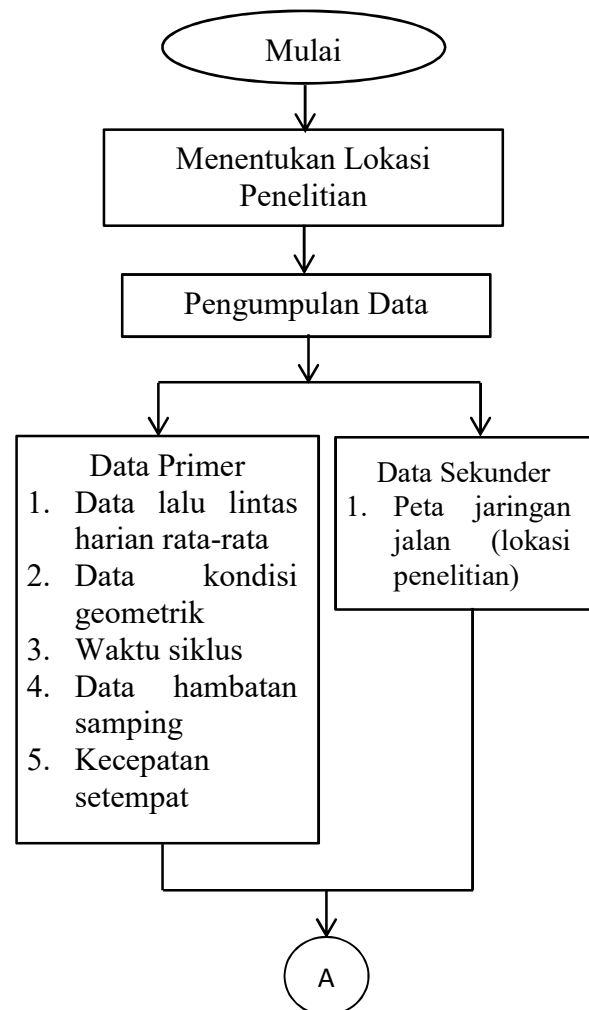
Seperti pada era sekarang yang dimana pertumbuhan lalu lintas semakin berkembang sehingga dapat kita lihat pada setiap persimpangan khususnya persimpangan yang berada di tengah kota. Pada simpang bersinyal Jetis dengan urutan fase pada sistem APILL masih menggunakan urutan fase yang searah dengan jarum jam.

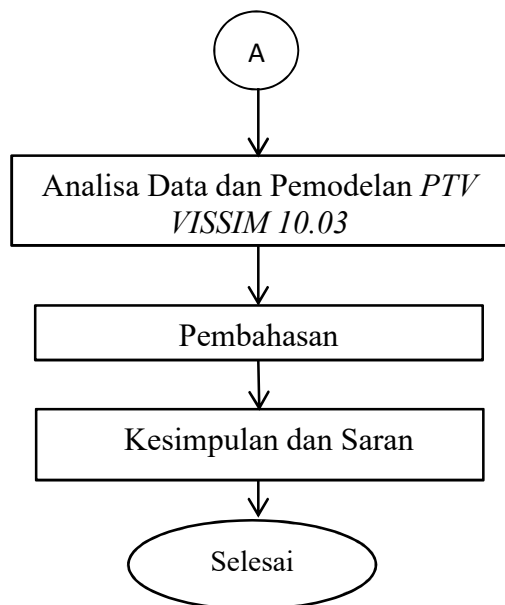
Dengan adanya sistem lalu lintas atau lampu lalu lintas yang lebih dikenal dengan alat pemberi isyarat Izmpu lalu lintas (APILL)

sarana dan prasarana transportasi pun sangat meningkat, dampaknya pun dapat yang sangat berguna untuk mengatur kendaraan pada simpang. Dalam penelitian ini melakukan pemodelan tentang urutan fase yang lebih baik. Seperti yang kita ketahui bahwa kebanyakan simpang menggunakan urutan fase searah dengan jarum jam atau sebaliknya. Pada simpang empat bersinyal Jetis merupakan salah satu simpang dengan menggunakan urutan fase manual atau searah dengan jarum jam.

## 2. Metode penelitian

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah dengan survei lalu lintas di lapangan kemudian melakukan pemodelan dengan menggunakan *software PTV VISSIM 10.03*. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah survey langsung di lapangan dan kemudian dilakukan pemodelan lalu lintas menggunakan *software PTV VISSIM*. Bagan yang menerangkan metologi tersebut dapat dilihat sebagai tersebut:

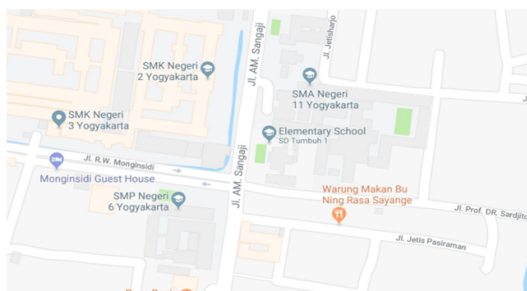




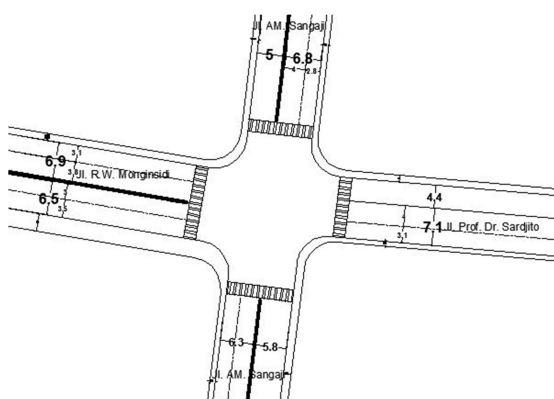
Gambar 1 Bagan Penelitian

### Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan pada simpang empat bersinyal Jetis yang berada di tengah kota Yogyakarta, yang dimana merupakan lokasi pertemuan antara Jalan AM. Sangaji (utara dan selatan), Jalan Prof. Dr. Sardjito (timur), dan Jalan R.W. Monginsidi (barat). Seperti pada gambar 2. dan lebar geometrik jalan pada simpang empat bersinyal Jetis dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 2 Lokasi penelitian



Gambar 3 Lebar geometrik jalan simpang Jetis

- a. Lebar pada lengan utara = 11,8 m
- b. Lebar pada lengan timur = 15,9 m

- c. Lebar pada lengan selatan = 12,1 m
- d. Lebar pada lengan barat = 13,4 m

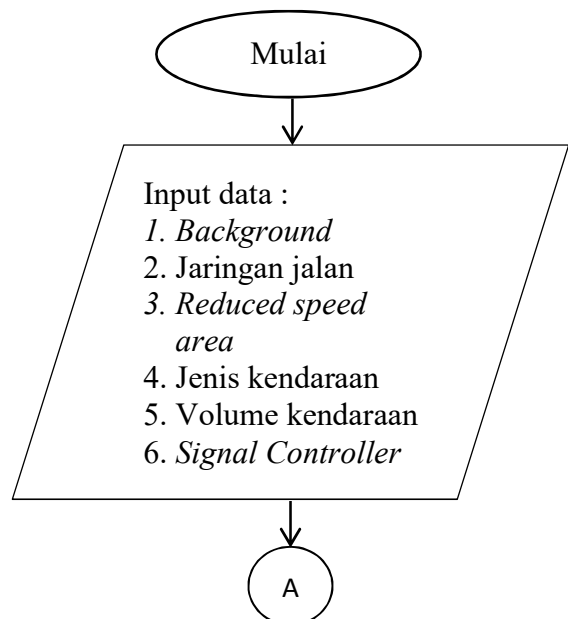
### Pemodelan software PTV VISSIM

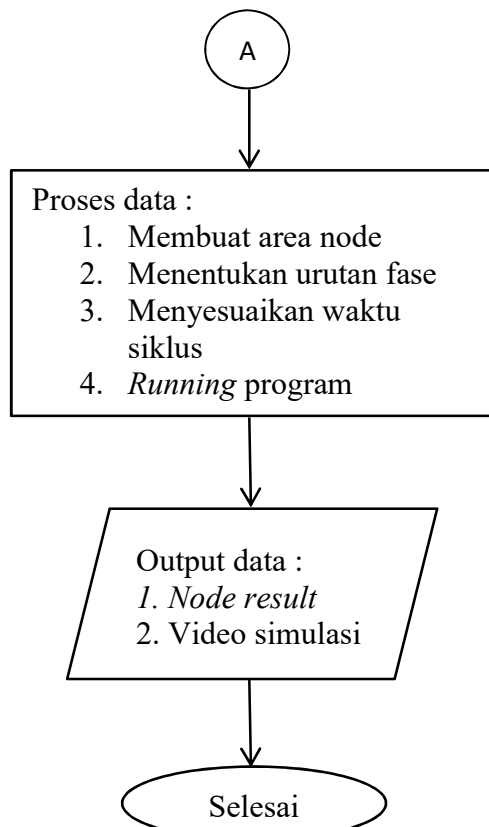
Dari pemodelan ini data yang digunakan adalah hasil dari survei langsung ke lapangan, kemudian dimodelkan dalam software PTV VISSIM 10.03. Dalam pemodelan ini analisis yang ditampilkan berupa gambar animasi 2D/3D, serta akan menampilkan hasil output yang akan di bahas dalam penelitian ini. Adapun hasil 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 10.03. Langkah-langkah pemodelan software PTV VISSIM 10.03 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.

Dari beberapa langkah-langkah pemodelan pada PTV VISSIM tersebut untuk lebih jelas dapat dilihat pada bagan berikut ini:



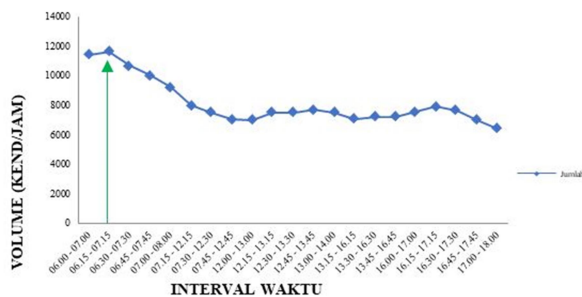


Gambar 4 Bagan Alir Pemodelan PTV VISSIM

### 3. Hasil dan pembahasan

#### Volume jam puncak

Berdasarkan survei langsung ke lapangan pada jam 06.00-08.00, 12.00-14.00, dan 16.00-18.00, jam puncak yang didapatkan adalah pada jam 06.15-07.15 dengan volume kendaraan sebesar 11.660 kendaraan/jam. Pada jumlah volume kendaraan kendaraan tersebut lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5 sebagai berikut dibawah ini.



Gambar 5 Grafik Pada Volume Jam Puncak

#### Kecepatan kendaraan

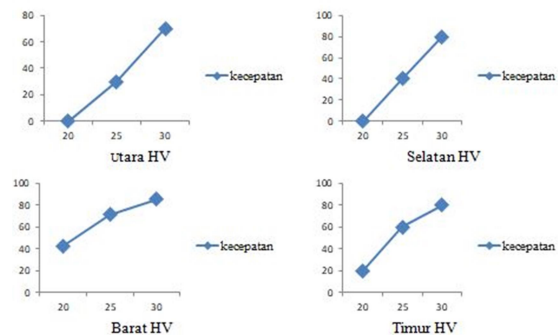
Berdasarkan pada survei saat dilapangan, kecepatan kendaraan yang didapatkan sebelum dan sesudah simpang, didapatkan hasil sebagai berikut:

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

Lengan	HV	LV	MC	Lengan	HV	LV	MC
Utara	27	34	24	Barat	28	34	23
	28	30	32		25	22	30
	22	19	24		29	33	42
	25	34	34		21	39	41
Selatan	30	36	31	Timur	30	32	31
	28	35	40		18	24	24
	26	33	29		30	22	25
	30	32	25		27	21	26
	29	27	52		23	19	25
	23	34	37		29	25	32

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

Lengan	HV	LV	MC	Lengan	HV	LV	MC
Utara	25	30	25	Barat	28	18	22
	20	27	40		26	20	23
	32	25	26		25	27	26
	30	29	22		19	23	30
Selatan	27	33	35	Timur	19	28	32
	19	33	28		24	21	39
	22	31	29		31	20	29
	22	39	31		33	23	27
	27	30	21		24	20	23
	25	19	25		26	25	29



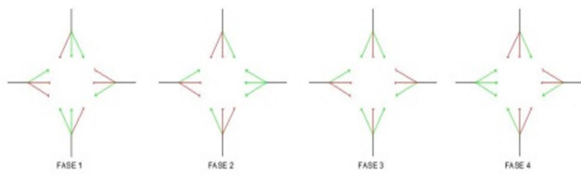
Gambar 6 Contoh Grafik Komulatif Tiap Lengan Persimpangan

#### Hasil running pemodelan

Berdasarkan pada beberapa percobaan yang dilakukan pada pemodelan dengan menggunakan software PTV VISSIM 10.03. 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.



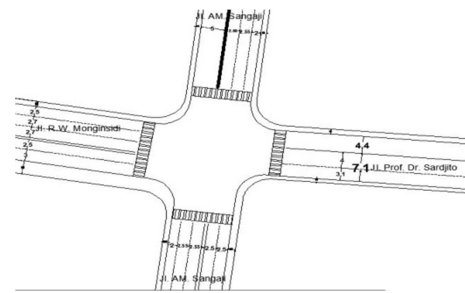
Gambar 6 Perubahan Urutan Fase



Gambar 7 Waktu Siklus

3. Skenario 2, yaitu merupakan lanjutan dari skenario 1 tetapi terjadi beberapa perubahan yang diantaranya adalah perubahan lebar lajur pada semua lengan tetapi tidak menambah lebar geometrik jalan dan terjadi perubahan pada waktu siklus. Perubahan waktu siklus dilakukan pada pengaturan sesuai dengan metode MKJI 1997 berdasarkan fase dan volume arus lalu lintas pada simpang.

Adapun perubahan lebar lajur pada skenario ini dapat dilihat sebagai berikut:

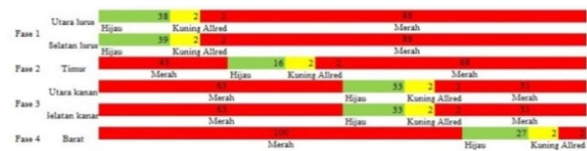


Gambar 8 Perubahan Lebar Lajur

Tabel 3 Geometrik Simpang Setelah Perubahan Lebar Lajur

Nama jalan	Pendekat		
	Lebar pendekat	Lebar masuk	Lebar keluar
Jln. AM. Sangaji	11,8	6,8	5
Jln. Prof. DR. Sardjito	15,9	9,5	6,4
Jln. AM. Sangaji	12,1	7,1	5
Jln. R.W. Monginsidi	13,4	7,9	5,5

Perubahan waktu siklus dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 9 Waktu Siklus Penyesuaian

Adapun hasil *running* dari beberapa percobaan yaitu pada kondisi eksisting, skenario 1, dan skenario 2.

Tabel 4 Hasil Running Kondisi Eksisting

No.	Arah	Selatan		Utara		Tundaan (detik / kendaraan)	LOS
		Rasio belok (%)	Volume (Kend/jam)	Rasio belok (%)	Volume (Kend/jam)		
1	Lurus	54,43828	1570	83,35118	1557	74.14	E
	Kanan	45,56172	1314	16,64882	311		
2	Lurus	90	2595,6	90	1681,2	71.27	E
	Kanan	10	288,4	10	186,8		
3	Lurus	80	2307,2	80	1494,4	73.09	E
	Kanan	20	576,8	20	373,6		
4	Lurus	70	2018,8	70	1307,6	71.55	E
	Kanan	30	865,2	30	560,4		
5	Lurus	60	1730,4	60	1120,8	73.76	E
	Kanan	40	1153,6	40	747,2		
6	Lurus	50	1442	50	934	69.93	E
	Kanan	50	1442	50	934		
7	Lurus	40	1153,6	40	747,2	72.05	E
	Kanan	60	1730,4	60	1120,8		
8	Lurus	30	865,2	30	560,4	72.66	E
	Kanan	70	2018,8	70	1307,6		
9	Lurus	20	576,8	20	373,6	69.85	E
	Kanan	80	2307,2	80	1494,4		
10	Lurus	10	288,4	10	186,8	74.21	E
	Kanan	90	2595,6	90	1681,2		

Tabel 5 Hasil Running Skenario 1

No.	arah	Selatan		Utara		Tundaan (detik / kendaraan)	LOS
		Rasio Belok(%)	Volume (kend/jam)	Rasio Belok(%)	Volume (kend/jam)		
1	Lurus	54.4383	1570	83.3512	1553	74.21	E
	Kanan	45.5617	1314	16.6488	311		
2	Lurus	90	2595.6	90	1681.2	64.04	E
	Kanan	10	288.4	10	186.8		
3	Lurus	80	2307.2	80	1494.4	63.2	E
	Kanan	20	576.8	20	373.6		
4	Lurus	70	2018.8	70	1307.6	70.79	E
	Kanan	30	865.2	30	560.4		
5	Lurus	60	1730.4	60	1120.8	70.46	F
	Kanan	40	1153.6	40	747.2		
6	Lurus	50	1442	50	934	69.64	F
	Kanan	50	1442	50	934		
7	Lurus	40	1153.6	40	747.2	68.86	E
	Kanan	60	1730.4	60	1120.8		
8	Lurus	30	865.2	30	560.4	62.66	E
	Kanan	70	2018.8	70	1307.6		
9	Lurus	20	576.8	20	373.6	62.92	E
	Kanan	80	2307.2	80	1494.4		
10	Lurus	10	288.4	10	186.8	67.4	E
	Kanan	90	2595.6	90	1681.2		

Tabel 6 Hasil Running Dari Skenario 2

No.	Arah	Selatan		Utara		Tundaan (detik / kendaraan)	LOS
		Rasio Belok(%)	Volume (kend/jam)	Rasio Belok(%)	Volume (kend/jam)		
1	Lurus	54.4383	1570	83.3512	1553	71.9	E
	Kanan	45.5617	1314	16.6488	311		
2	Lurus	90	2595.6	90	1681.2	65.43	E
	Kanan	10	288.4	10	186.8		
3	Lurus	80	2307.2	80	1494.4	63.74	E
	Kanan	20	576.8	20	373.6		
4	Lurus	70	2018.8	70	1307.6	65.33	F
	Kanan	30	865.2	30	560.4		
5	Lurus	60	1730.4	60	1120.8	70.51	F
	Kanan	40	1153.6	40	747.2		
6	Lurus	50	1442	50	934	70.27	F
	Kanan	50	1442	50	934		
7	Lurus	40	1153.6	40	747.2	70.08	F
	Kanan	60	1730.4	60	1120.8		
8	Lurus	30	865.2	30	560.4	67.84	E
	Kanan	70	2018.8	70	1307.6		
9	Lurus	20	576.8	20	373.6	70.67	E
	Kanan	80	2307.2	80	1494.4		
10	Lurus	10	288.4	10	186.8	70.56	E
	Kanan	90	2595.6	90	1681.2		

Pada kondisi ini dilakukan beberapa percobaan dengan merubah rasio belok dan volume kendaraan. Pada lengan selatan dan utara, 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 perubahan rasio dan pengaturan ulang waktu siklus didapatkan hasil terbaik pada skenario 1. Dengan perubahan rasio sehingga didapatkan hasil yang terbaik pada rasio lurus 30% dengan volume kendaraan 865 kendaraan/jam dan rasio belok kanan 70% dengan volume 2019 kendaraan/jam yang terjadi pada lengan selatan. Sedangkan pada pada lengan utara dengan rasio yang sama yaitu 30% untuk rasio lurus dengan volume 560 kendaraan/jam dan rasio belok kanan 70% dengan volume kendaraan 1308 kendaraan/jam. Dari

Dapat disimpulkan bahwa berdasarkan pada tabel 4.4 perbandingan dari kondisi eksisting, skenario 1, dan skenario 2. Pada

Tabel 7 Perbandingan Kerja Sempang

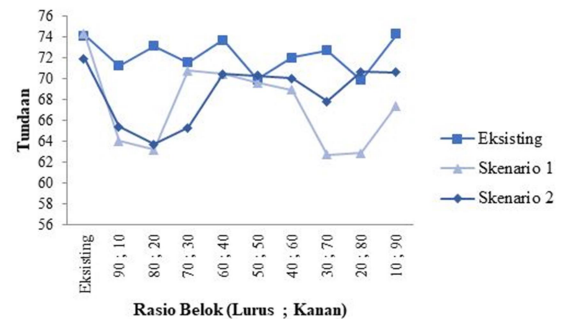
No	Tahapan Analisis	Arah	Lengan Selatan		Lengan Utara		Tundaan (detik / kendaraan)	LOS
			Rasio Belok (%)	Volume (kend/jam)	Rasio Belok (%)	Volume (kend/jam)		
1	Eksisting	Lurus	20	576.8	20	373.6	69.85	E
		Kanan	80	2307.2	80	1494.4		
2	Skenario 1	Lurus	30	865.2	30	560.4	62,66	E
		Kanan	70	2018.8	70	1307.6		
3	Skenario 2	Lurus	80	2307	80	1494	63,74	E
		Kanan	20	577	20	374		

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pada penelitian simpang empat Jetis dengan menggunakan program *software VISSIM 10.03*, didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Hasil pemodelan software didapatkan kinerja simpang pada kondisi eksisting mendapatkan nilai tundaan 74,14 detik/kendaraan dan tingkat pelayanan "E".
2. Urutan fase dipengaruhi oleh perubahan rasio belok dan volume, nilai tundaan dan nilai LOS berdasarkan rasio belok dan volume sebagai berikut:
  - a. Kondisi eksisting didapatkan nilai tundaan terkecil yaitu 69,85

perubahan rasio dan pengaturan ulang waktu siklus didapatkan hasil yang terbaik pada skenario 1. Dari skenario tersebut didapatkan nilai tundaan rata-rata sebesar 63,81 detik/kendaraan dengan tingkat pelayanan E. Dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:



Gambar 10 Perbandingan Rasio Belok dan Tundaan

Dari gambar di atas tersebut untuk yang lebih jelasnya lagi dapat dilihat pada tabel 7 dibawah ini hasil output rasio yang terbaik dari beberapa percobaan.

- b. Skenario 1 didapatkan nilai tundaan terkecil yaitu 62,66 detik/kendaraan dengan rasio lurus 30% dan rasio belok kanan 70%, dengan tingkat pelayanan E. Nilai tersebut mengalami penurunan dibandingkan dengan rasio yang diperoleh di lapangan.
- c. Skenario 2 didapatkan nilai tundaan terkecil yaitu 63,74 detik/kendaraan dengan rasio lurus 80% dan rasio



- belok kanan 20%, dengan tingkat pelayanan E. Nilai tersebut mengalami penurunan dibandingkan dengan rasio yang diperoleh di lapangan.
3. Nilai tundaan dan tingkat pelayanan yang diperoleh dari ke tiga percobaan diatas, dapat diperoleh hasil bahwa urutan fase yang efektif akan dapat berjalan baik bila rasio belok pada simpang tersebut mencapai angka 30% untuk rasio lurus dan 70% untuk rasio belok kanan, pada lengan selatan dan utara dengan nilai tundaan sebesar 62,66 detik/kendaraan dan tingkat pelayanan E.
- 5. Daftar pustaka**
- Anjarwati, S., 2014. Analisis kinerja simpang bersinyal Dukuh waluh Purwokerto. *Techno*, 15(1), 14-20.
- Ansusanto, J. D., dan Tanggu, S., 2016. Analisis Kinerja Dan Manajemen Pada Simpang Dengan Derajat Kejenuhan Tinggi. *Dinamika Rekayasa*, Vol. 12(2), 79-86.
- Cahyono, I., 2013. Analisis Simpang Bersinyal Dengan Metode MKJI 1997 Studi Kasus Simpang Stadion Jombang. *Jurnal Intake*, 4(1), 63-75.
- Faisal, R., Sugiarto, dan Syara, A., 2017. Simulasi Arus Lalu Lintas Pada Segmen Penyempitan Jalan Akibat Pembangunan Fly Over Simpang Surabaya Tahun 2016 Menggunakan Software Vissim 8.0. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 6(2), 183-194.
- Ibrahim, M. I. T., Meliyana, dan Saifannur, 2017. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Berlengan Empat (Studi Kasus Simpang Surabaya, Banda Aceh). *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, Vol. 1(1), 69-76.
- Iqbal, Sugiarto, dan Isya, M., 2017. Kinerja Dan Tingkat Pelayanan Simpang Bersinyal Pada Simpang Remi Kota Langsa. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 1(1), 67-74.
- Irawan, M. Z., & Putri, N. H. (2015). Kalibrasi Vissim Untuk Mikrosimulasi Arus Lalu Lintas Tercampur Pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Tugu, Yogyakarta). *Jurnal Transportasi Multimoda*, 13(3), 97-106.
- Limanoond, T., & Sugiarto, 2013. Impact of on-street parking on urban arterial performance: A quantitative study on travel speed and capacity deterioration. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 2(2), 63-69.
- Morlok, E. K., 1984, Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi. Erlangga, Jakarta.
- Muchlisin, 2016. Analisis Tarikan dan Bangkitan Perjalanan Akibat Pembangunan Mix-Used Plan (Mix-used JogjaOne Park) dengan Metode Perbandingan. *Semesta Teknika*, Vol. 19(2), 98-105.
- Pradana, M. F., Budiman, A., dan Robekha, N., 2017. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal pada Simpang Ciruas Serang. *Jurnal Teknika*, Vol. 12(2), 375-386.
- Tamin, O. Z., 2000. Perencanaan dan Permodelan Transportasi. Edisi ke-2, Penerbit ITB, Bandung
- Utomo, R. B., Yulianyaha, R. W., dan Fauziah, M., 2016. Evaluasi Perilaku Lalu Lintas Pada Simpang Dan Koordinasi Antar Simpang. *Jurnal Teknisia*, Vol. 21(1), 163-172.