

# Analisis Biaya Akibat Kemacetan pada Simpang APILL SGM Yogyakarta Menggunakan *Software Vissim 10*

*Analysis of Congestion Cost Using VISSIM 10 at SGM Signalized Intersection, Yogyakarta*

**Evie Andriani, Noor Mahmudah**

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

**Abstrak.** Yogyakarta merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang jumlah penduduknya semakin meningkat. Yogyakarta dikenal sebagai kota pelajar, sehingga banyak pendatang yang memilih Yogyakarta sebagai tempat untuk menuntut ilmu. Pertambahan penduduk ini juga akan meningkatkan jumlah kendaraan yang berpotensi menimbulkan kemacetan lalu lintas terutama pada daerah perkotaan. Simpang APILL SGM Yogyakarta merupakan salah satu simpang di Yogyakarta dengan volume lalu lintas tinggi dan berpotensi menimbulkan kemacetan lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja simpang APILL SGM Yogyakarta dan mengestimasi biaya akibat kemacetan pada simpang tersebut. Untuk mencapai tujuan tersebut, maka penelitian ini dilakukan dengan survei lapangan untuk mengetahui kondisi geometrik, volume lalu lintas, waktu siklus, dan kecepatan kendaraan, yang selanjutnya dianalisis dan dimodelkan menggunakan *software Vissim 10* dengan indikator antrian dan *Level of Service (LOS)*. Perhitungan biaya kemacetan menggunakan indikator jumlah kendaraan, biaya operasional kendaraan, kecepatan eksisting, kecepatan ideal, nilai waktu perjalanan kendaraan dan waktu antrian. Kinerja simpang APILL SGM Yogyakarta tergolong sangat buruk yang ditunjukkan dengan *LOS F* pada jam puncak (*peak hour*) 06.30-07.30 WIB, sehingga perlu dilakukan perbaikan dengan beberapa alternatif solusi untuk meningkatkan kinerja simpang yaitu alternatif 1 merubah fase dan alternatif 2 pelebaran jalan. Hasil analisis pada kondisi eksisting mendapatkan antrian 92,48 detik/kendaraan dengan *LOS F*, dan biaya kemacetan Rp. 3.780.733,-/jam. Alternatif 1 menunjukkan nilai antrian 88,30 detik/kendaraan dengan *LOS F* dan biaya kemacetan Rp. 3.703.258,-/jam. Alternatif solusi terbaik untuk memperbaiki kinerja simpang adalah alternatif 2 (pelebaran jalan) dengan antrian yang berkurang menjadi 72,69 detik/kendaraan dengan *LOS E*, dan biaya kemacetan yang berkurang menjadi Rp. 3.265.934,-/jam.

**Kata kunci:** Biaya Kemacetan, *Level of Service*, Simpang, *Vissim*, Yogyakarta

**Abstract.** Yogyakarta is one of cities in Indonesia with high population. Moreover, Yogyakarta is also known as student city due to many students come every year. As a result of the high increasing of population in this city so Yogyakarta has high traffic volume. SGM signalized intersection is one of intersection in Yogyakarta with high traffic volume that will be potential in causing traffic condition. Therefore this research aims to analyze and to model the the traffic occurred at SGM signalized intersection then estimating congestion cost. This research was conducted by surveying geometric condition, traffic volume, cycle time/phase of traffic light, and vehicle speed at intersection, then analyzing and modeling the traffic using *Vissim 10* software with the indicators of queue and *Level of Service (LOS)*. The indicators of congestion cost is value of vehicle, vehicle operation cost, spot speed, desired speed, value of time, and queue time. The performance of SGM signalized intersection assessed by *LOS* with *F* level at the peak hour is 06.30-07.30 WIB, so it is needed to evaluate and give the alternative solutions. Alternative 1 is changing the phase and alternative 2 is road widening. The result of existing analysis are queue of 92,48 second/vehicle with *LOS F* and congestion cost is Rp. 3.780.733,-/hour. Alternative 1 shows queue of 83,30 second/vehicle with *LOS F* and congestion cost is Rp. 3.703.258,-/jam. The improvement result from the models of alternative 2 are queue of 72,69 second/vehicle with *LOS E* and congestion cost is Rp. 3.265.934,-/hour.

**Keyword:** Congestion Cost, Intersection, *Level of Service*, *Vissim*, Yogyakarta

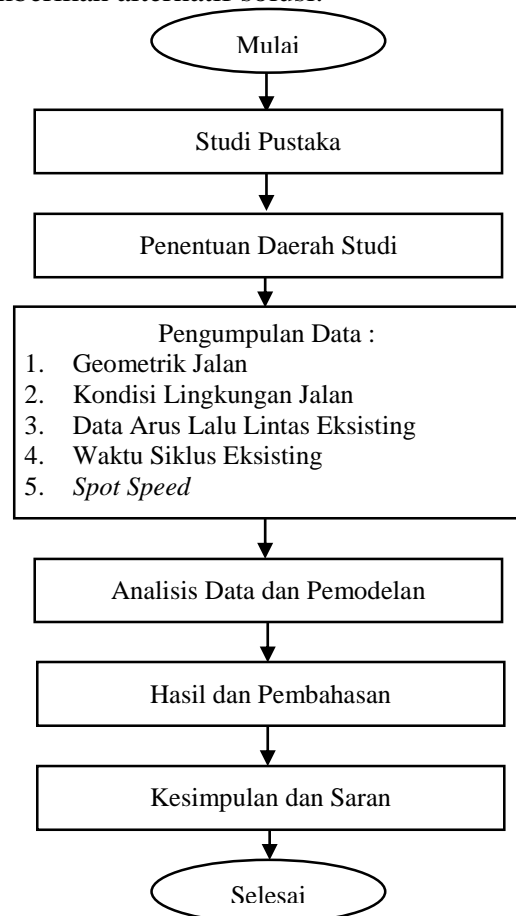
## 1. Pendahuluan

Yogyakarta merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang jumlah penduduknya semakin meningkat. Potensi wisata dan predikat kota pelajar menjadikan DIY sebagai salah satu tujuan perjalanan yang utama di Indonesia (Mahmudah dkk., 2015). Kota Yogyakarta merupakan salah satu daerah pengembangan transportasi di Indonesia dengan keistimewaan yang tidak dijumpai di wilayah lain. Lalu lintas di Kota Yogyakarta bersifat lalu lintas tercampur (*mixed traffic*) (Sugiyanto dan Malkhamah, 2009). Transportasi dapat diartikan perpindahan baik orang barang maupun benda dari tempat asal ketempat yang lain (Alhadar, 2011). Jalan sebagai prasarana transportasi merupakan prasarana yang amat penting bagi manusia (Firdaus dkk., 2015). Persimpangan merupakan suatu daerah dimana dua atau lebih ruas saling bertemu sehingga dapat menimbulkan konflik lalu lintas (Muchlisin dkk., 2018). Permasalahan yang sering terjadi di persimpangan adalah adanya konflik, antrian dan tundaan akibat pertemuan antara lalu lintas dari masing-masing lengan simpang (Ansusanto dan Tanggu., 2016), salah satunya yaitu pada simpang APILL SGM Jalan Kusumanegara, Kota Yogyakarta, sehingga perlu adanya evaluasi kembali agar masalah kemacetan tidak semakin bertambah. Karena ketidak seimbangan kapasitas jalan dan volume lalu lintas, maka kemacetan lalu lintas akan terjadi di sepanjang jalan dan persimpangan. (Mahmudah dkk., 2018). Kemacetan dan pencemaran udara merupakan permasalahan dalam bidang transportasi darat yang hingga kini belum ditemukan solusinya (Pertiwi dkk., 2011). Kemacetan terjadi ketika permintaan lalu lintas di jalan melebihi kapasitas jalan tersebut (Sugiyanto, dkk., 2011a), kemacetan lalu lintas merupakan situasi dimana kecepatan aktual kendaraan lebih rendah dari kecepatan arus bebas (Sugiyanto, 2012) dan kemacetan pada suatu ruas jalan sering terjadi pada daerah perkotaan (Basuki dan Siswandi, 2008). Upaya mengurangi kemacetan di perkotaan adalah dengan meningkatkan penggunaan angkutan umum perkotaan sehingga penggunaan angkutan pribadi berkurang (Basuki dan Susanto, 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor apa sajakah yang mempengaruhi kinerja pada simpang APILL SGM Yogyakarta, menganalisis kinerja simpang dan menganalisis biaya akibat kemacetan pada simpang tersebut.

## 2. Metode Penelitian

Secara umum penelitian ini dilaksanakan dengan tahapan sesuai pada Gambar 1. Langkah awal adalah menentukan daerah studi dalam hal ini simpang APILL SGM Yogyakarta, lalu melakukan pengumpulan data dengan cara survei *traffic counting* dengan pengambilan data hanya pada jam puncak saja, dan survei *spot speed* untuk mengetahui kecepatan kendaraan pada simpang. Setelah survei maka dilakukan analisis data lalu lintas yang kemudian digunakan dalam pemodelan menggunakan *software Vissim 10*. Indikator yang diperhitungkan dalam analisis yaitu tundaan, antrian, dan *level of service (LOS)*. Setelah pemodelan maka dilakukan perhitungan biaya kemacetan menggunakan keluaran dari *Vissim*, kemudian dilakukan perbaikan dengan memberikan alternatif solusi.



Gambar 1. Langkah-langkah Penelitian

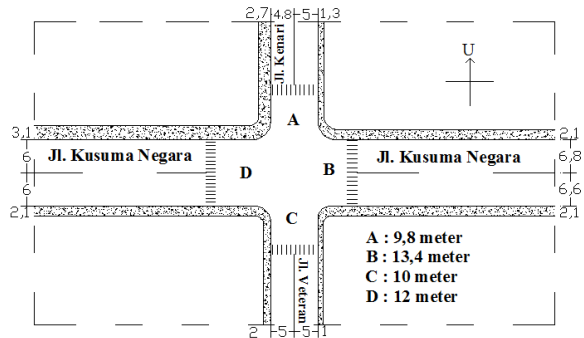
## 2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada simpang APILL SGM Yogyakarta, yang merupakan arus lalu lintas perkotaan jalan menuju salah satu destinasi wisata yang berada di Yogyakarta. Simpang tersebut merupakan titik



Gambar 2. Lokasi Penelitian (*Google Maps*)

pertemuan antara ruas Jalan Kenari (Utara), Jalan Veteran (Selatan) dan Jalan Kusumanegara (Barat dan Timur). Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 2, dan kondisi geometrik pada Gambar 3.

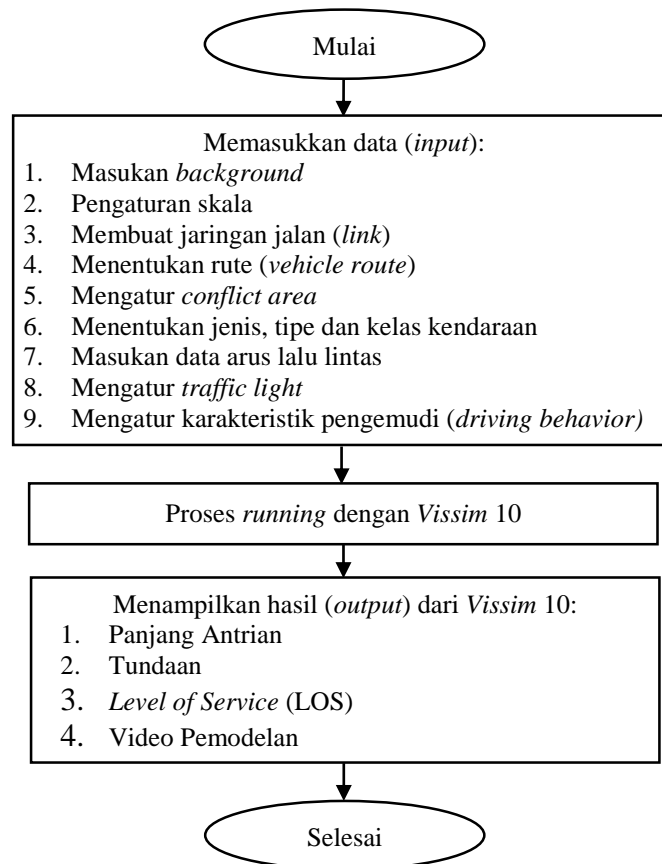


Gambar 3. Kondisi Geometrik simpang APILL SGM Yogyakarta

## 2.2. Pemodelan Menggunakan Software Vissim 10

Langkah-langkah pemodelan lalu lintas menggunakan software Vissim memiliki 3

tahap utama yaitu *input*, *runnig* dan *output*. Keluaran (*output*) dari Vissim digunakan untuk perhitungan biaya kemacetan. Langkah pemodelan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Langkah Pemodelan Vissim 10

### 2.3. Biaya Kemacetan

Perhitungan biaya kemacetan menggunakan persamaan Tzedakis (1980) dengan asumsi:

- Perbedaan kecepatan kendaraan cepat atau lambat
- Kecepatan kendaraan tidak dibuat berdasarkan keadaan lalu lintas
- Tidak menggunakan satuan masa penumpang
- Biaya kemacetan cenderung nol jika kecepatannya sama
- Mempertimbangkan kendaraan yang bersifat stokastik
- Kendaraan tidak dapat saling mendahului

Rumusan model :

$$C = N \times [G \times A + (1 - \frac{A}{B}) V'] T \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

C = Biaya Kemacetan (Rupiah/jam)

N = Jumlah Kendaraan (skr/jam)

G = Biaya Operasional Kendaraan (Rp/Kend.Km)

A = Kendaraan dengan Kecepatan Eksisting (Km/Jam)

B = Kendaraan dengan Kecepatan Ideal (Km/Jam)

V' = Nilai Waktu Perjalanan Kendaraan (Rp/Kend.Jam)

T = Waktu Antrian (Jam)

Biaya Operasional Kendaraan (BOK) dapat dihitung menggunakan persamaan 2 untuk kendaraan ringan.

$$BOK = 0,4937V^2 - 60,218V + 2991,9 \dots (2)$$

dimana V = Kecepatan kendaraan (Km/jam)

Kecepatan kendaraan ideal ialah kecepatan yang telah ditentukan dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 19 tahun 2011 tentang Persyaratan Teknik Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan, sebagai pedoman dalam perencanaan kecepatan kendaraan. Kecepatan ideal untuk jalan perkotaan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kecepatan Rencana Sesuai dengan Fungsi dan Klasifikasi Medan Jalan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2011)

Spesifikasi	Fungsi	Kecepatan Rencana, Vr (Km/jam)		
		Datar	Bukit	Gunung
Jalan Raya	Arteri, Kolektor, Lokal.	60-120	50-100	40-80

Perhitungan nilai waktu perjalanan menggunakan studi *Indonesia Highway Capacity Manual* 1995 dengan pendekatan *Gross Regional Domestic Product* (GRDP) (Sugiyanto,2012) disajikan pada Tabel 2.

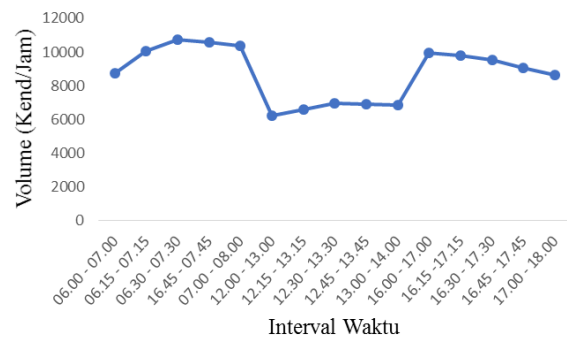
Tabel 2. Nilai Waktu per Jenis Kendaraan (Bina Marga, 1995)

Jenis Kendaraan	Nilai waktu per kendaraan/jam (Rp)	
	Welfare Maximation	GRDP
Sepeda Motor	736	315
Mobil	3.281	1.925
Bus Kecil	12.572	7.385
Bus Besar	18.212	9.800
Truk Kecil	5.605	4.970
Truk sedang	5.605	4.970
Truk Besar	736	4.970

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1.Data Lalu Lintas

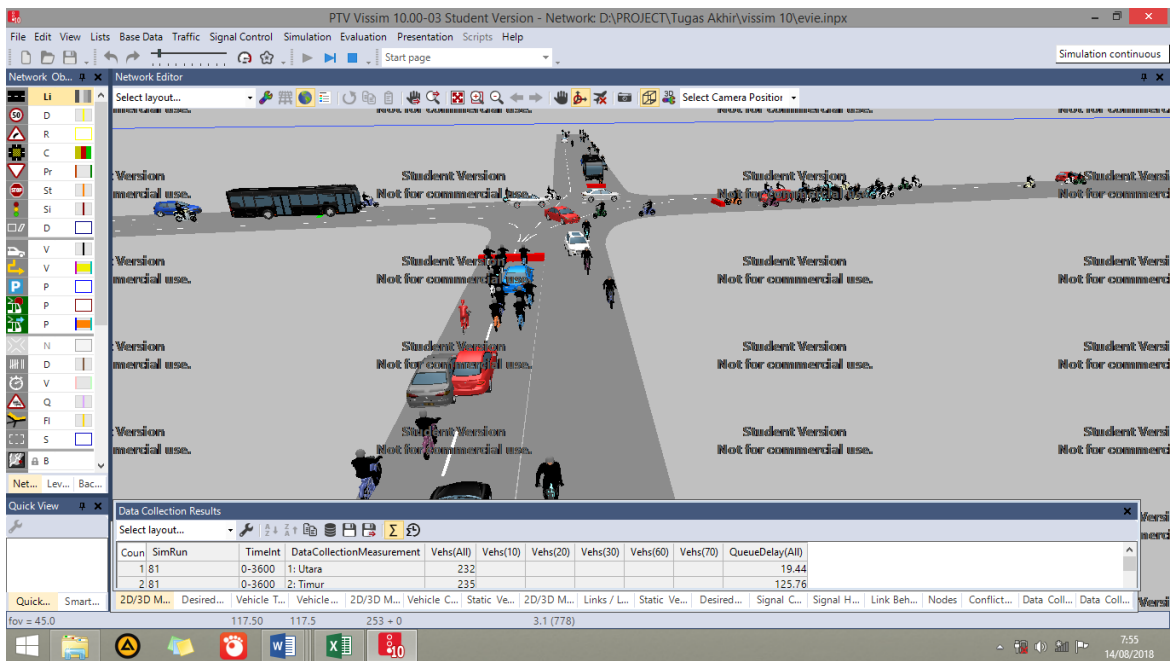
Berdasarkan survei *traffic counting* pada hari kerja didapat volume lalu lintas jam puncak pada interval waktu 06.30-07.30 WIB dengan total 10.735 kendaraan/jam dengan variasi seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Volume Kendaraan/Jam Simpang APILL SGM Yogyakarta

#### 3.2.Pemodelan menggunakan software Vissim 10

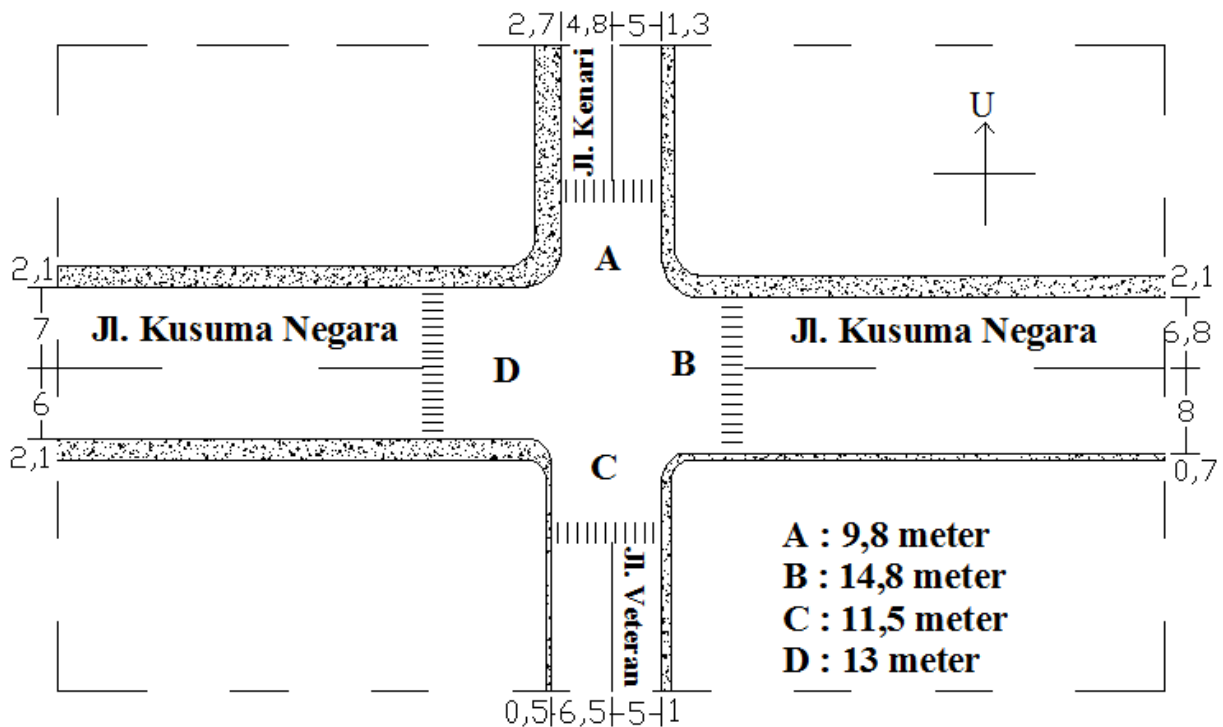
Hasil dari pemodelan menggunakan *Vissim 10* berupa model visual yang dapat dilihat pada Gambar 6. Kinerja simpang sangat buruk yang ditunjukkan dengan *LOS F*, sehingga dibuat 2 alternatif perbaikan untuk memperbaiki kinerja simpang tersebut. Alternatif 1 (merubah fase) dengan *trial error* sebanyak 8 kali hingga mendapat hasil terbaik yang disajikan pada Tabel 3, dan alternatif 2 (Pelebaran jalan) dapat dilihat pada Gambar 7. Keluaran (*output*) *Vissim* perbandingan antara kondisi eksisting, alternatif 1 dan alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 6. Model Visual Simpang APILL SGM Yogyakarta

Tabel 3. Perbandingan Waktu Siklus

Lengan	Sinyal	Eksisting			Alternatif 1		
		Kuning	Hijau	All Red	Kuning	Hijau	All Red
U	Fase 1	3	13	8	3	13	8
T	Fase 2	2	30	8	2	33	9
S	Fase 3	3	17	8	3	20	9
B	Fase 4	3	20	9	3	20	8
<b>Waktu siklus (detik)</b>		<b>124</b>			<b>128</b>		



Gambar 7. Kondisi Geometrik Alternatif 2

Tabel 4. Perbandingan Keluaran (*Output*) *Vissim*

No	MOVEMENT	Kondisi Eksisting				Alternatif 1 (Merubah Fase)				Alternatif 2 (Pelebaran Jalan)			
		QLEN (Meter)	VEHS (ALL)	VEHDELA Y (ALL)	LOS (ALL)	QLEN (Meter)	VEHS (ALL)	VEHDELA Y (ALL)	LOS (ALL)	QLEN (Meter)	VEHS (ALL)	VEHDELA Y (ALL)	LOS (ALL)
1	Jl. Kusuma Negara (B) - Jl. Kusuma Negara (T)	54	103	102,18	LOS_F	46	108	90,27	LOS_F	31	117	64,06	LOS_E
2	Jl. Kusuma Negara (B) - Jl. Kenari (U)	54	3	67,42	LOS_E	46	3	51,59	LOS_D	31	4	50,42	LOS_D
3	Jl. Kusuma Negara (B) - Jl. Veteran (S)	54	18	92,73	LOS_F	46	20	76,80	LOS_E	31	23	62,18	LOS_E
4	Jl. Kusuma Negara (T) - Jl. Kusuma Negara (B)	223	93	168,70	LOS_F	150	93	165,23	LOS_F	187	205	130,31	LOS_F
5	Jl. Kusuma Negara (T) - Jl. Kenari (U)	223	31	165,36	LOS_F	150	33	168,25	LOS_F	187	76	117,73	LOS_F
6	Jl. Kusuma Negara Timur BKJT (T) - Jl. Veteran (S)	2	108	3,85	LOS_A	2	108	4,06	LOS_A	5	95	5,40	LOS_A
7	Jl. Kenari (U) - Jl. Kusuma Negara (B)	0	4	74,08	LOS_E	0	5	86,85	LOS_F	0	4	77,59	LOS_E
8	Jl. Kenari (U) - Jl. Veteran (S)	16	50	76,52	LOS_E	16	52	79,55	LOS_E	15	52	73,41	LOS_E
9	Jl. Kenari BKJT (U) - Jl. Kusuma Negara (T)	1	167	12,67	LOS_B	1	169	11,99	LOS_B	1	169	10,76	LOS_B
10	Jl. Veteran (S) - Jl. Kusuma Negara (B)	94	37	142,73	LOS_F	84	42	150,66	LOS_F	57	44	113,61	LOS_F
11	Jl. Veteran (S) - Jl. Kusuma Negara (T)	94	48	140,00	LOS_F	84	50	125,99	LOS_F	57	58	94,33	LOS_F
12	Jl. Veteran (S) - Jl. Kenari (U)	94	65	137,24	LOS_F	84	67	128,37	LOS_F	57	81	107,13	LOS_F
	<b>Rata-rata</b>	56	727	83,61	LOS_F	43	750	80,83	LOS_F	42	928	75,86	LOS_E

### 3.3. Biaya Operasional Kendaraan (BOK)

Perhitungan biaya kemacetan menggunakan nilai BOK yang didapat dari pers 2. Hasil perhitungan BOK yang digunakan dalam perhitungan biaya kemacetan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Biaya Opeerasional Kendaraan

Lengan	Kecepatan Rata-rata	BOK Rp.Kend/km
Utara	25,56	1775,42
Timur	26,25	1751,37
Selatan	28,56	1674,64
Barat	27,41	1712,12

### 3.4. Jumlah Kendaraan

Jumlah kendaraan yang digunakan untuk perhitungan biaya kemacetan yaitu jumlah kendaraan yang melambat atau tidak keluar pada simpang. Keluaran (*output*) pada *Vissim* tidak menyajikan data tersebut. Jadi untuk

mendapatkan data tersebut maka volume kendaraan dikurang kendaraan yang keluar simpang yang didapat dari *output Vissim*, hasil dari pengurangan diasumsikan sebagai kendaraan yang melambat atau tidak keluar simpang, kemudian dikalikan dengan ekuivalen kendaraan ringan yaitu 1,3 untuk HV, 1,00 LV dan 0,15 MC . Data itulah yang digunakan untuk nilai N pada perhitungan biaya kemacetan. Data jumlah kendaraan disajikan pada Tabel 6.

### 3.5. Biaya Kemacetan

Perhitungan biaya kemacetan menggunakan persamaan 1. Perhitungan biaya kemacetan menggunakan data dari *Vissim* berupa antrian yang kemudian dirubah satuannya menjadi jam/kendaraan. Hasil analisis biaya kemacetan pada kondisi eksisting, alternatif 1 dan alternatif 2 disajikan pada Tabel 7.

Tabel 6. Jumlah Kendaraan (N)

Lengan	Kondisi Eksisting			Alternatif 1			Alternatif 2		
	HV	LV	MC	HV	LV	MC	HV	LV	MC
Utara	5,2	217	172,05	5,2	217	171,60	2,5	217	171,60
Timur	32,5	618	721,95	32,5	619	720,90	23,7	601	717,30
Selatan	5,2	203	246,60	5,2	202	245,40	2,7	200	243,00
Barat	22,1	244	145,20	22,1	242	144,75	20,8	238	142,80

Tabel 7. Perbandingan Biaya Kemacetan

Lengan	Jenis Kendaraan	Biaya Kemacetan (Rp/Jam)					
		Kondisi Eksisting	Alternatif 1 (Merubah Fase)	Alternatif 2 (Pelebaran Jalan)			
Utara	HV	Rp	1.273	Rp	1.320	Rp	569
	LV	Rp	53.143	Rp	55.088	Rp	49.430
	MC	Rp	42.135	Rp	43.563	Rp	39.089
	<b>Total</b>	<b>Rp</b>	<b>96.551</b>	<b>Rp</b>	<b>99.971</b>	<b>Rp</b>	<b>89.088</b>
Timur	HV	Rp	56.584	Rp	57.464	Rp	41.775
	LV	Rp	1.075.966	Rp	1.094.468	Rp	1.059.351
	MC	Rp	1.256.948	Rp	1.274.640	Rp	1.264.347
	<b>Total</b>	<b>Rp</b>	<b>2.389.499</b>	<b>Rp</b>	<b>2.426.572</b>	<b>Rp</b>	<b>2.365.473</b>
Selatan	HV	Rp	10.353	Rp	9.835	Rp	3.764
	LV	Rp	404.185	Rp	382.044	Rp	278.840
	MC	Rp	490.995	Rp	464.127	Rp	338.790
	<b>Total</b>	<b>Rp</b>	<b>905.533</b>	<b>Rp</b>	<b>856.005</b>	<b>Rp</b>	<b>621.395</b>
Barat	HV	Rp	20.910	Rp	17.336	Rp	9.840
	LV	Rp	230.860	Rp	189.829	Rp	112.587
	MC	Rp	137.380	Rp	113.544	Rp	67.552
	<b>Total</b>	<b>Rp</b>	<b>389.150</b>	<b>Rp</b>	<b>320.709</b>	<b>Rp</b>	<b>189.979</b>
<b>Total keseluruhan</b>	<b>Rp</b>	<b>3.780.733</b>	<b>Rp</b>	<b>3.703.258</b>	<b>Rp</b>	<b>3.265.934</b>	

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan dan analisis menggunakan *Vissim 10*, dapat disimpulkan bahwa:

- Faktor yang mempengaruhi kinerja simpang APILL SGM yaitu antrian serta *Level of Service (LOS)*.
- Volume arus lalu lintas jam puncak (*peak hour*) pada kondisi eksisting simpang APILL SGM Yogyakarta terjadi pada interval waktu 06.30–07.30 dengan antrian 92,48 detik/kendaraan dan *LOS F* (sangat buruk).
- Biaya yang timbul akibat dari kemacetan pada simpang APILL SGM Yogyakarta yaitu sebesar Rp. 3.780.733,-/jam pada jam puncak.

Untuk meningkatkan kinerja simpang APILL SGM Yogyakarta dibuat 2 alternatif solusi, yaitu:

- Alternatif 1 merupakan alternatif solusi untuk merubah fase, didapat antrian 88,30 detik/kendaraan dan (*LOS*) F. Meskipun tidak terjadi perubahan pada *LOS*, tetapi penurunan tetap terjadi pada antrian. Hasil perhitungan biaya akibat kemacetan pada simpang APILL SGM Yogyakarta adalah Rp. 3.703.258,-/ jam.

- Alternatif 2 merupakan alternatif untuk pelebaran jalan, didapat antrian 72,69 detik/kendaraan dan *LOS E*. Hasil dari perhitungan biaya kemacetan pada simpang APILL SGM Yogyakarta adalah Rp. 3.265.934,-/jam.
- Berdasarkan hasil perbandingan antara kondisi eksisting, alternatif 1 dan alternatif 2, maka didapat hasil terbaik pada alternatif 2 (Pelebaran jalan).

#### Daftar Pustaka

- Alhadar, A., 2011, Analisis Kinerja Jalan dalam Upaya Mengatasi Kemacetan Lalu Lintas pada Ruas Simpang Bersinyal di Kota Palu, *SMARTeK*, 9 (4), 327-336.
- Ansusanto, J. D., dan Tanggu, S., 2016, Analisis Kinerja dan Manajemen pada Simpang dengan Derajat Kejenuhan Tinggi, *Dinamika Rekayasa*, 12 (2), 79–86.
- Basuki, I., dan Siswadi, 2008, Biaya Kemacetan Ruas Jalan Kota Yogyakarta, *Jurnal Teknik Sipil*, 9 (1), 71-80.
- Basuki, I., dan Susanto, B., 2014, Kajian Penerapan Angkutan Umum Perkotaan Tanpa Bayar, *Proceeding of The 17th*

- FSTPT International Symposium*, Jember, 22-24 Agustus 2014, 233-243.
- Bina Marga, 1995, *Indonesian Highway Capacity Manual*, Jakarta.
- Firdaus, A., Sulistiono, D., Asparini, A., Singgih, M.P., 2015, Perencanaan Pengendalian Lalu Lintas di Persimpangan Jalan Sekitar Jembatan Kunci Kabupaten Nganjuk, Jawa Timur, *Jurnal Aplikasi*, 12 (2), 7-16.
- Kementerian Pekerjaan Umum, 2015, Kapasitas Simpang APILL, *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2014)*.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 19/PRT/M/2011 Tentang *Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan*.
- Mahmudah, N., Akbar, R., dan Muchlisin, 2018, Analysis of Congestion Cost at Signalized Intersection using Vissim 9 (Case Study at Demak Ijo Intersection, Sleman), *Proceeding of the 1st International Symposium on Transportation Studies in Developing Countries (ISTSDC 2017)*, In *Matec Web of Conferences*, Volume 181. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201818106001>.
- Mahmudah, N., dan Tubagus, A., 2015, Dampak Parkir Khusus Wisata Terhadap Simpang Bersinyal Jalan Perkotaan: Studi Kasus Persimpangan Ngabean, Yogyakarta, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 18 (1), 44-54.
- Muchlisin, Yusup, M., dan Mahmudah, N., 2018, Congestion Cost Analysis of Condongcatur Signalized Intersection Sleman, D.I.Yogyakarta, *Proceeding of the 1st International Symposium on Transportation Studies in Developing Countries (ISTSDC 2017)*, In *Matec Web of Conferences*, Volume 181. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201818106003>.
- Pertiwi, A.A., Wicaksono, A., Anggraeni, M., 2011, Pengaruh Keberadaan Parkir dan Pedagang Kaki Lima Terhadap Biaya Kemacetan Dan Polusi Udara di Jalan Kolonel Sugiono Malang, *Jurnal Rekayasa Sipil*, 5 (3), 161-167.
- Sugiyanto, G., Malkhamah, S., 2009, Model Pemilihan Moda Antara Mobil Pribadi dan Bis TansJogja Akibat Penerapan Biaya Kemacetan, *Jurnal Transportasi*, 9 (2), 97-106.
- Sugiyanto, G., Malkhamah, S., Munawar, A., dan Sutomo, H., 2011a, Modeling The Effect of Congestion Pricing on Mode Choice in Yogyakarta , Indonesia, *International Journal of Engineering & Technology*, 11 (1), 109-116.
- Sugiyanto, G., Malkhamah, S., Munawar, A., dan Sutomo, H., 2011b, Pengembangan Model Biaya Kemacetan Bagi Pengguna Mobil Pribadi, *Jurnal Transportasi*, 11 (2), 87-94.
- Sugiyanto, G., 2012, Permodelan Biaya Kemacetan Pengguna Mobil Pribadi dengan Variasi Nilai Kecepatan Aktual Kendaraan, *Jurnal Transportasi*, 12 (2), 123-132.
- Transportation Research Board, 2000, *Highway Capacity Manual*, Amerika Serikat.
- Tzedakis, A., 1980, Different Vehicle Speeds and Congestion Cost, *Journal of Transport Economics and Policy*, 14 (1), 81-103.