

PENENTUAN BIAYA KEMACETAN LALU LINTAS PADA SIMPANG BERSINYAL SGM YOGYAKARTA

Noor Mahmudah

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jln. Brawijaya, Bantul
noor.mahmudah@umy.ac.id

Evie Andriani

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jln. Brawijaya, Bantul

Abstract

The SGM signalized intersection in the city of Yogyakarta is a junction with high traffic volume and has the potential to cause traffic congestion. This study aims to analyze the performance of this intersections and estimate costs due to congestion that occurs. This study was performed by conducting a field survey to determine the geometric conditions, traffic volume, cycle time, and vehicle speed. The data obtained are then analyzed and modeled using Vissim 10 software. The intersection performance indicator considered is the queue length and level of service. The calculation of congestion costs using indicators of vehicle numbers, vehicle operating costs, spot speed, desired speed, travel time value, and queue time. The results of the observation showed that the performance of the SGM signalized intersection in Yogyakarta was very poor, with the level of service F at peak hours, so that repairs need to be done. In this study, the recommended solution consists of 2 alternatives, namely alternative 1, by changing the phase, and alternative 2, by widening the road. The results of the analysis show that alternative 2 provides the best solution to improve performance and reduce congestion costs at the intersection.

Keywords: signal intersection, congestion costs, service level, intersection performance, queue

Abstrak

Simpang bersinyal SGM di Kota Yogyakarta merupakan suatu simpang dengan volume lalu lintas tinggi dan berpotensi menimbulkan kemacetan lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja simpang tersebut dan mengestimasi biaya akibat kemacetan yang terjadi. Studi ini dilakukan dengan melakukan survei lapangan untuk mengetahui kondisi geometrik, volume lalu lintas, waktu siklus, dan kecepatan kendaraan. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dan dimodelkan menggunakan perangkat lunak Vissim 10. Indikator kinerja simpang yang dipertimbangkan adalah antrian dan tingkat pelayanan. Perhitungan biaya kemacetan menggunakan indikator jumlah kendaraan, biaya operasional kendaraan, kecepatan sesaat, kecepatan ideal, nilai waktu perjalanan, dan waktu antrian. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kinerja simpang bersinyal SGM Yogyakarta sangat buruk, dengan tingkat pelayanan F pada jam puncak, sehingga perlu dilakukan perbaikan. Pada kajian ini, solusi yang direkomendasikan terdiri atas 2 alternatif, yaitu alternatif 1, dengan mengubah fase, dan alternatif 2, dengan melakukan pelebaran jalan. Hasil analisis menunjukkan bahwa alternatif 2 memberikan solusi terbaik untuk meningkatkan kinerja dan mengurangi biaya kemacetan pada simpang.

Kata-kata kunci: simpang bersinyal, biaya kemacetan, tingkat pelayanan, kinerja simpang, antrian

PENDAHULUAN

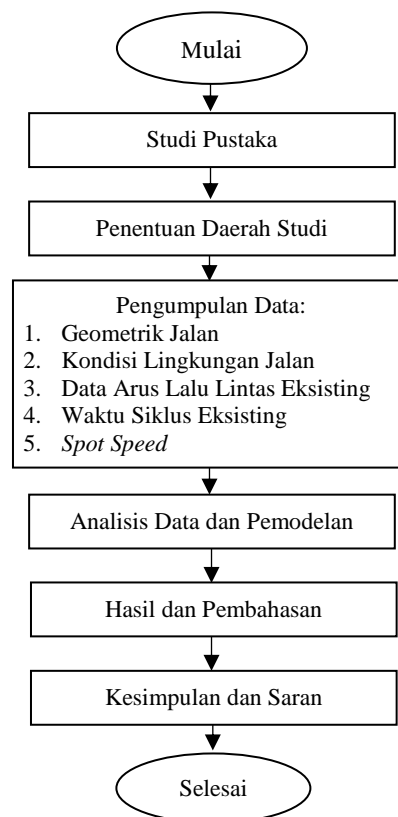
Yogyakarta merupakan salah satu kota besar di Indonesia, dengan luas 32,5 kilometer persegi dan jumlah penduduk mencapai 412.704 orang (BPS, 2016). Potensi wisata dan predikat kota pelajar menjadikan Yogyakarta sebagai salah satu tujuan utama perjalanan

di Indonesia (Mahmudah dan Tubagus, 2015). Selain itu, Kota Yogyakarta juga merupakan suatu daerah dengan ciri khas lalu lintas tercampur (Sugiyanto dan Malkhamah, 2009).

Permasalahan yang sering terjadi di persimpangan adalah adanya konflik lalu lintas, antrian, dan tundaan akibat pertemuan antara lalu lintas dari masing-masing lengan simpang (Ansusanto dan Tanggu, 2016). Akibat ketidakseimbangan antara kapasitas dan volume lalu lintas, kemacetan lalu lintas akan terjadi di persimpangan tersebut (Mahmudah et al., 2018).

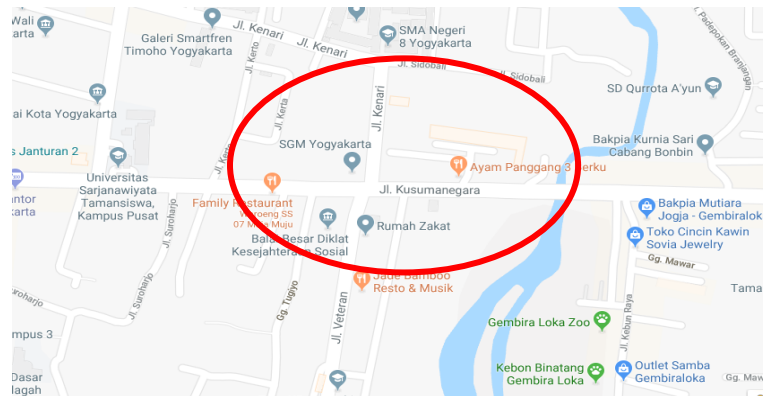
Simpang bersinyal SGM, yang terletak di Jalan Kusumanegara, Kota Yogyakarta perlu dievaluasi agar masalah kemacetan yang ada saat ini tidak semakin bertambah. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kinerja simpang bersinyal SGM Yogyakarta, menganalisis kinerja simpang, dan mengestimasi biaya akibat kemacetan pada simpang tersebut.

Penelitian ini dilaksanakan dengan tahapan sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 1. Tahap pertama adalah menentukan daerah studi, yaitu simpang bersinyal SGM Yogyakarta. Tahap selanjutnya adalah mengumpulkan data, melalui survei pencacahan lalu lintas pada jam puncak dan survei *spot speed*, untuk mendapatkan data kecepatan kendaraan pada simpang. Data hasil survei lalu lintas kemudian dianalisis, yang selanjutnya digunakan dalam pemodelan menggunakan perangkat lunak Vissim 10. Indikator yang diperhitungkan dalam analisis adalah tundaan, antrian, dan tingkat pelayanan (*level of service*, LOS). Setelah pemodelan, dilakukan perhitungan biaya kemacetan menggunakan keluaran Vissim, dan selanjutnya dilakukan perbaikan dengan memberikan alternatif solusi.

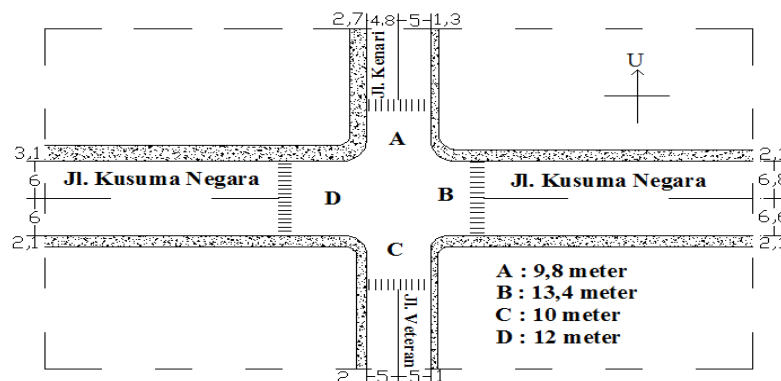


Gambar 1 Tahapan Penelitian

Simpang bersinyal SGM Yogyakarta merupakan titik pertemuan antara ruas Jalan Kenari (utara), Jalan Veteran (selatan) dan Jalan Kusumanegara (barat dan timur), seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2. Kondisi geometrik simpang ditunjukkan pada Gambar 3. Pada simpang ini terjadi pertemuan arus lalu lintas jalan perkotaan yang menuju destinasi wisata di Yogyakarta, khususnya Keraton Yogyakarta, Pura Pakualaman, dan Kebun Binatang Gembira Loka.



Gambar 2 Lokasi Penelitian



Gambar 3 Kondisi Geometrik Simpang Bersinyal SGM Yogyakarta

Pemodelan lalu lintas pada studi ini menggunakan perangkat lunak Vissim 10, dengan proses pemodelannya terdiri atas 3 tahapan utama, yaitu *input*, *running (process)*, dan *output*. Keluaran (*output*) Vissim tersebut digunakan untuk menghitung biaya kemacetan (lihat Gambar 4). Biaya kemacetan diestimasi menggunakan Persamaan Tzedakis (1980), dengan beberapa asumsi:

- a) terdapat perbedaan kecepatan kendaraan cepat atau lambat;
- b) kecepatan kendaraan tidak dibuat berdasarkan keadaan lalu lintas;
- c) satuan masa penumpang tidak digunakan;
- d) biaya kemacetan cenderung nol jika kecepatannya sama;
- e) kendaraan yang bersifat stokastik dipertimbangkan; dan
- f) kendaraan tidak dapat saling mendahului.

Formula yang digunakan untuk menghitung biaya kemacetan (Tzedakis, 1980) adalah:

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

dengan:

C = Biaya kemacetan (Rp/jam);

N = Jumlah kendaraan (skr/jam);

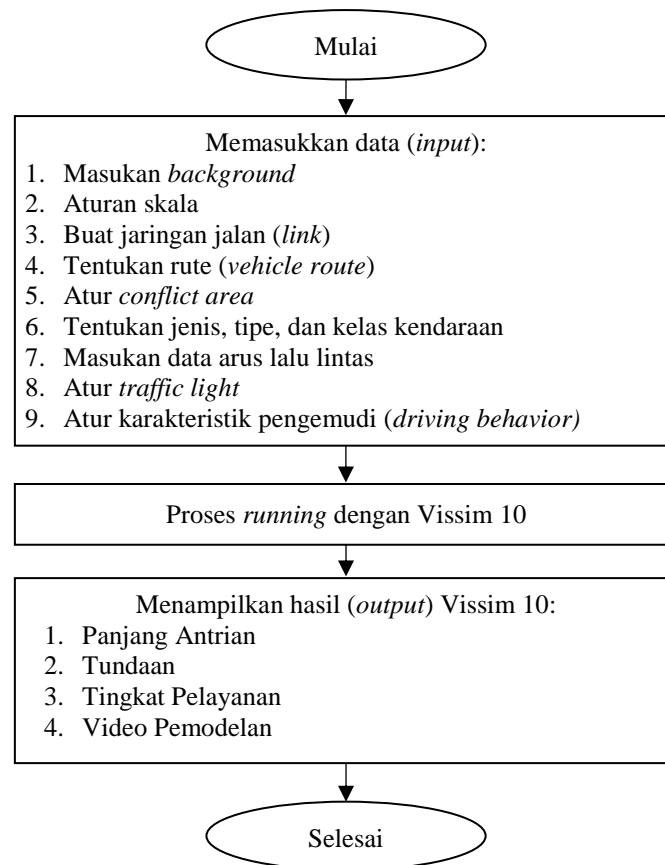
G = Biaya operasional kendaraan (Rp/kend.km);

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).



Gambar 4 Langkah-Langkah Pemodelan Vissim 10

Biaya Operasional Kendaraan (BOK), khususnya untuk kendaraan ringan, dihitung menggunakan Persamaan 2, dengan V merupakan kecepatan kendaraan (km/jam).

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

Kecepatan kendaraan ideal adalah kecepatan yang telah ditentukan dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 19 tahun 2011, tentang Persyaratan Teknik Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan, sebagai pedoman dalam penentuan kecepatan rencana di Indonesia. Kecepatan ideal untuk jalan perkotaan disajikan pada Tabel 1. Perhitungan nilai waktu perjalanan menggunakan studi Indonesia Highway Capacity Manual 1995 dengan pendekatan Gross Regional Domestic Product atau GRDP (Sugiyanto, 2012), seperti yang tercantum pada Tabel 2.

Tabel 1 Kecepatan Rencana Sesuai dengan Fungsi dan Klasifikasi Medan Jalan

Spesifikasi	Fungsi	Kecepatan Rencana, Vr (km/jam)		
		Datar	Bukit	Gunung
Jalan raya	Arteri, Kolektor, Lokal	60–120	50–100	40–80

(Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2011)

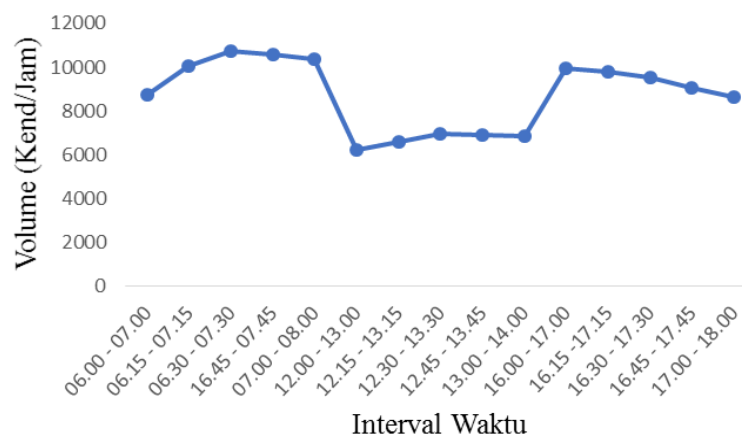
Tabel 2 Nilai Waktu Per Jenis Kendaraan

Jenis Kendaraan	Nilai Waktu per Kendaraan/Jam (Rp)	
	<i>Welfare Maximation</i>	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

(Direktorat Jenderal Bina Marga, 1995)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil survei pencacahan lalu lintas pada hari kerja, didapat jam puncak, yaitu jam 06.30–07.30 WIB. Volume lalu lintas pada jam puncak tersebut adalah 10.735 kendaraan/jam dan data volume lalu lintas per jam dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Volume Kendaraan per Jam pada Simpang Bersinyal SGM Yogyakarta

Hasil pemodelan kondisi eksisting simpang menggunakan Vissim 10 berupa model visual, yang dapat dilihat pada Gambar 6. Kinerja simpang sangat buruk, yang ditunjukkan dengan tingkat pelayanan F, sehingga direkomendasikan 2 alternatif solusi untuk meningkatkan kinerja simpang tersebut. Alternatif 1 (mengubah fase) dengan *trial error* sebanyak 8 kali sampai diperoleh hasil terbaik, seperti yang ditampilkan pada Tabel 3, dan alternatif 2 (pelebaran jalan) dapat dilihat pada Gambar 7. Keluaran (*output*) Vissim, berupa perbandingan antara kondisi eksisting, alternatif 1, dan alternatif 2 disajikan pada Tabel 4.

Tabel 3 Perbandingan Waktu Siklus Kondisi Eksisting dan Alternatif 1

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
Waktu siklus (detik)		124			128		

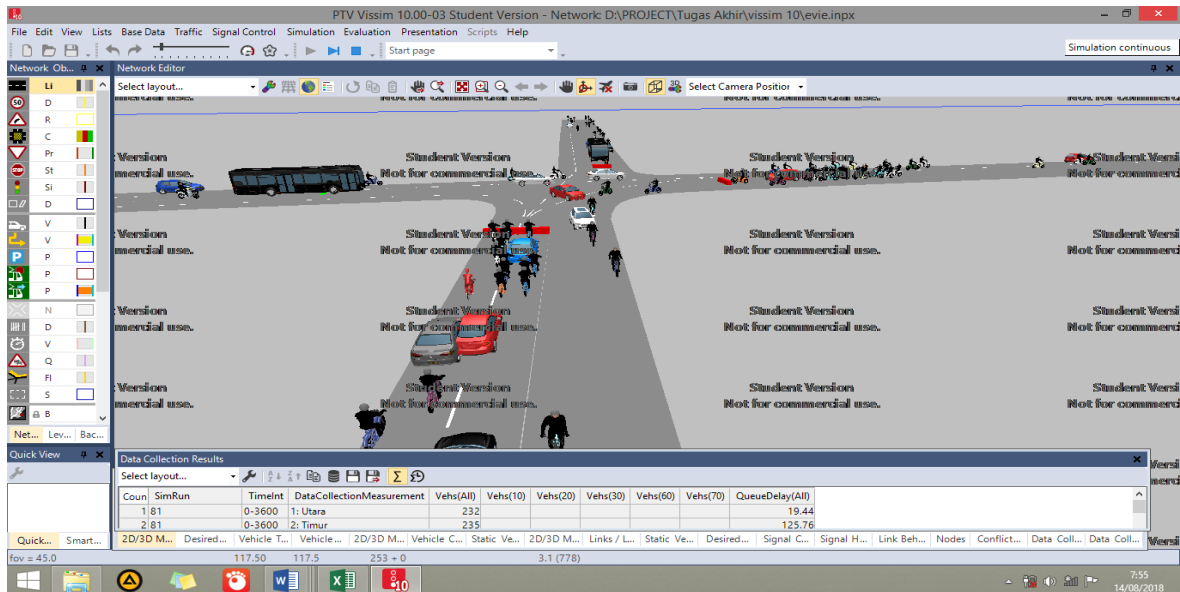
Tabel 4 Perbandingan Keluaran Vissim

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
	Rata-rata	56	727	83,61	LOS_F	43	750	80,83	LOS_F	42	928	75,86	LOS_E

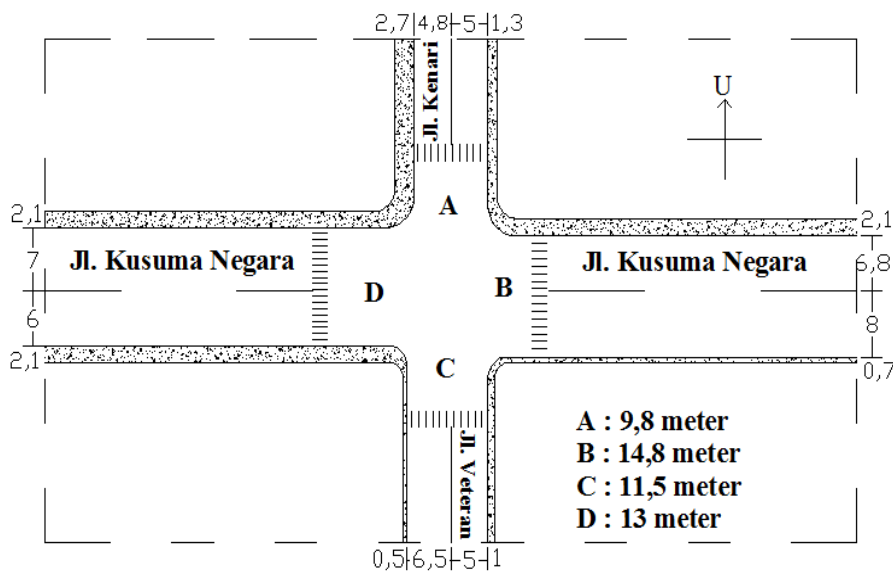
Perhitungan biaya kemacetan menggunakan nilai BOK, yang didapat dari Persamaan 2. Hasil yang diperoleh disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Biaya Operasional Kendaraan (BOK)

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



Gambar 6 Model Visual Simpang Bersinyal SGM Yogyakarta dengan Perangkat Lunak Vissim 10



Gambar 7 Kondisi Geometrik Alternatif 2 (Pelebaran Jalan)

Jumlah kendaraan yang digunakan untuk perhitungan biaya kemacetan adalah jumlah kendaraan yang melambat atau tidak keluar pada simpang. Tetapi program Vissim tidak menyajikan data ini. Jadi, untuk mendapatkan data tersebut, volume kendaraan dikurangi kendaraan yang keluar simpang yang didapat dari keluaran Vissim. Hasil pengurangan ini dianggap sebagai kendaraan yang melambat atau tidak keluar simpang, yang kemudian dikalikan dengan nilai ekuivalensi kendaraan ringan, yaitu 1,3 untuk Kendaraan Berat (HV), 1,00 untuk Kendaraan Ringan (LV), dan 0,15 untuk sepeda motor (MC). Data ini kemudian digunakan sebagai nilai N pada perhitungan biaya kemacetan. Data jumlah kendaraan dapat dilihat pada Tabel 6.

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

Biaya kemacetan lalu lintas dihitung dengan menggunakan Persamaan 1, menggunakan data Vissim, berupa antrian, yang satuannya diubah menjadi jam/kendaraan. Hasil analisis biaya kemacetan pada berbagai kondisi (eksisting, alternatif 1, dan alternatif 2) dipresentasikan pada Tabel 7. Biaya yang timbul akibat kemacetan pada kondisi eksisting simpang bersinyal SGM Yogyakarta adalah sebesar Rp3.780.733,00/jam pada jam puncak.

Tabel 7 Perbandingan Biaya Kemacetan

Lengan	Jenis Kendaraan	Biaya Kemacetan (Rp/Jam)		
		Kondisi Eksisting (Rp)	Alternatif 1 (Merubah Fase) (Rp)	Alternatif 2 (Pelebaran Jalan) (Rp)
Utara	HV	1.273,00	1.320,00	569,00
	LV	53.143,00	55.088,00	49.430,00
	MC	42.135,00	43.563,00	39.089,00
	Total	96.551,00	99.971,00	89.088,00
Timur	HV	56.584,00	57.464,00	41.775,00
	LV	1.075.966,00	1.094.468,00	1.059.351,00
	MC	1.256.948,00	1.274.640,00	1.264.347,00
	Total	2.389.499,00	2.426.572,00	2.365.473,00
Selatan	HV	10.353,00	9.835,00	3.764,00
	LV	404.185,00	382.044,00	278.840,00
	MC	490.995,00	464.127,00	338.790,00
	Total	905.533,00	856.005,00	621.395,00
Barat	HV	20.910,00	17.336,00	9.840,00
	LV	230.860,00	189.829,00	112.587,00
	MC	137.380,00	113.544,00	67.552,00
	Total	389.150,00	320.709,00	189.979,00
Total Keseluruhan		3.780.733,00	3.703.258,00	3.265.934,00

Untuk meningkatkan kinerja simpang SGM Yogyakarta, direkomendasikan 2 alternatif solusi, yaitu alternatif 1, dengan mengubah fase, dan alternatif 2, dengan melakukan pelebaran jalan. Hasil analisis alternatif 1 menunjukkan antrian menjadi 88,30 detik/kendaraan dan tingkat pelayanan tetap F. Meskipun tidak terjadi perubahan pada tingkat pelayanan, terjadi penurunan pada besar antrian serta biaya kemacetan sebesar 2% atau menjadi Rp3.703.258,00/jam. Hasil analisis alternatif 2 memberikan nilai antrian sebesar 72,69 detik/kendaraan, peningkatan nilai tingkat pelayanan menjadi E, dan penurunan biaya kemacetan sebesar 14%, atau menjadi Rp3.265.934,00/jam. Bila dibandingkan, alternatif 2 memberikan hasil yang lebih baik daripada alternatif 1.

KESIMPULAN

Dari studi ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Faktor yang memengaruhi kinerja simpang bersinyal SGM Yogyakarta adalah antrian dan tingkat pelayanan (LOS). Volume lalu lintas jam puncak pada kondisi eksisting di simpang ini terjadi pada jam 06.30–07.30, dengan antrian 92,48 detik/kendaraan, tingkat pelayanan F (sangat buruk), dan biaya yang timbul akibat kemacetan sebesar Rp3.780.733,00/jam pada jam puncak tersebut.
- 2) Untuk meningkatkan kinerja simpang bersinyal SGM Yogyakarta direkomendasikan 2 alternatif solusi, yaitu alternatif 1, dengan mengubah fase, dan alternatif 2, dengan melebarkan jalan. Hasil analisis biaya pada alternatif 1 menunjukkan terjadinya penurunan biaya kemacetan, menjadi Rp3.703.258,00/jam, atau berkurang 2%. Sedangkan alternatif 2 juga menunjukkan penurunan nilai kemacetan menjadi Rp3.265.934,00/jam, atau berkurang 14%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa alternatif 2, yaitu pelebaran jalan, merupakan solusi yang terbaik untuk meningkatkan kinerja simpang dan mengurangi biaya kemacetan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansusanto, J.D. dan Tanggu, S. 2016. *Analisis Kinerja dan Manajemen pada Simpang dengan Derajat Kejenuhan Tinggi*. *Dinamika Rekayasa*, 12 (2): 79–86.
- Badan Pusat Statistik. 2016. *Statistik Transportasi Darat*. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1995. *Indonesian Highway Capacity Manual*. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2011. *Peraturan Menteri Nomor 19/PRT/M/2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan*. Jakarta.
- 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/mateconf/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.
- Sugiyanto, G. 2012. *Permodelan Biaya Kemacetan Pengguna Mobil Pribadi dengan Variasi Nilai Kecepatan Aktual Kendaraan*. *Jurnal Transportasi*, 12 (2): 123–132.
- Sugiyanto, G. dan Malkhamah, S. 2009. *Model Pemilihan Moda Antara Mobil Pribadi dan Bis TansJogja Akibat Penerapan Biaya Kemacetan*. *Jurnal Transportasi*, 9 (2): 97–106.

Tzedakis, A. 1980. *Different Vehicle Speeds and Congestion Cost*. Journal of Transport Economics and Policy, 14 (1): 81–103.