

NASKAH SEMINAR TUGAS AKHIR

ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL PADA SIMPANG TIGA RING ROAD BARAT, GAMPING, SLEMAN

Rizqy Tsania Maziidah, Dr. Noor Mahmudah, S.T., M.Eng, Muchlisin, S.T., M.Sc.
Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

ABSTRAK

Simpang jalan merupakan tempat terjadinya konflik lalu lintas. Kinerja suatu simpang merupakan faktor utama dalam menentukan penanganan yang paling tepat untuk mengoptimalkan fungsi simpang. Simpang yang dianalisa pada penelitian ini adalah simpang tiga bersinyal yang terletak di jalan Ring Road Barat, Gamping, Sleman, Yogyakarta. Simpang ini memiliki arus lalu lintas yang tinggi karena termasuk jalan Nasional yang menghubungkan antar Kabupaten. Memperhatikan kondisi dari lokasi dilapangan dapat diketahui simpang tiga bersinyal di Jalan Ring Road Barat merupakan simpang prioritas dan perlu adanya evaluasi kinerja simpang sehingga pergerakan arus lalu lintas lancar. Jika kapasitas persimpangan lebih rendah sedangkan arus kendaraan terlalu tinggi, maka hal ini akan mempengaruhi nilai derajat kejenuhan, tundaan dan peluang antrian lalu lintas di persimpangan tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan mengevaluasi kinerja simpang tiga bersinyal pada Jalan Ring Road Barat menggunakan metode survei traffic counting dan mengevaluasi menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa (1) Volume Lalu Lintas Jam Puncak pada simpang Ring Road Gamping terdapat pada jam 07.00-08.00 dengan 11074 kendaraan, Arus lalu lintas yang terjadi pada lengan Barat (arah gamping) sebesar 1740 smp/jam, dari lengan Timur (arah wates) sebesar 1100 smp/jam, dan dari lengan Selatan (arah UMY) sebesar 534 smp/jam. Kapasitas dari simpang Ring Road Gamping pada lengan Barat (arah gamping) sebesar 1444 smp/jam, dari lengan Timur (arah wates) sebesar 1516 smp/jam, dan dari lengan Selatan (arah UMY) sebesar 584 smp/jam. Derajat kejenuhan lengan Barat adalah 1,2, lengan Timur adalah 0,73, dan lengan Selatan adalah 0,91. Pada lengan Barat dan Selatan derajat kejenuhan lebih dari 0,75 jadi lengan tersebut dapat dikatakan terjadi kemacetan. Panjang antrian pada lengan Barat adalah 200 meter, lengan Timur adalah 91 meter, dan lengan Selatan adalah 69 meter. Nilai tundaan yang dihasilkan simpang Ring Road Gamping adalah 212,775 detik/smp, sehingga tingkat pelayanan simpang pada konsisi jam sibuk tergolong pada golongan F/buruk sekali karena >60 detik/smp. (2) Dua skenario untuk evaluasi simpang tiga Ringroad Gamping yang dihitung menggunakan metode MKJI 1997 menghasilkan pada skenario pertama dengan mengubah waktu siklusnya dan pada skenario kedua dengan mengubah fase dimana lalu lintas dari arah barat ke arah timur yang tadinya jalan terus diubah menjadi berhenti saat arah selatan menuju ke arah timur berjalan, sehingga didapatkan nilai derajat jenuh dan nilai tundaan yang berfungsi sebagai pembandingan skenario mana yang paling optimal. Urutan skenario mulai dari derajat jenuh yang paling kecil sampai nilai derajat jenuh yang paling besar adalah skenario dua dengan derajat kejenuhan 0,76 untuk LHR dan 0,79 untuk VJP, dan skenario pertama dengan derajat kejenuhan 0,81 untuk LHR dan 0,87 untuk VJP. Sedangkan untuk nilai tundaan rata-rata simpang untuk skenario pertama adalah 41,27 dan 30,97, dan untuk skenario kedua adalah 25,67 dan 25,15. Dari nilai derajat jenuh dan nilai tundaan rata-rata maka dapat disimpulkan bahwa skenario yang terbaik adalah skenario kedua.

Kata kunci : Derajat Kejenuhan, MKJI 1997, Panjang Antrian, Tundaan.

A. PENDAHULUAN

Simpang jalan merupakan tempat terjadinya konflik lalu lintas. Kinerja suatu simpang merupakan faktor utama dalam menentukan penanganan yang paling tepat untuk mengoptimalkan fungsi simpang. Simpang yang dianalisa pada penelitian ini adalah simpang tiga bersinyal yang terletak di jalan Ring Road Barat, Gamping, Sleman, Yogyakarta. Simpang ini memiliki arus lalu lintas yang tinggi karena termasuk jalan Nasional yang menghubungkan antar Kabupaten. Kondisi lingkungan disekitar lokasi simpang merupakan wilayah komersial, karena terdapat sekolah, universitas, minimarket, pertokoan, pusat perbelanjaan, dan pemukiman. Tingginya pergerakan lalu lintas kendaraan yang keluar maupun yang masuk dari simpang tersebut pada jam sibuk akan mengakibatkan konflik, sehingga terjadi kepadatan dan tundaan yang cukup besar. Maksud dari penelitian pada persimpangan Gamping adalah untuk mengevaluasi kinerja persimpangan dengan lampu lalu lintas, ini diharapkan dapat meminimalkan kemacetan dan memperlancar arus lalu lintas. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja simpang, melakukan penilaian terhadap kinerja simpang, memberikan alternatif terbaik dalam memecahkan masalah yang ada pada simpang tersebut sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Secara umum transportasi didefinisikan sebagai kegiatan pemindahan penumpang dan barang dari satu tempat ke tempat lain (Munawar, 2004). Menurut MKJI (1997), pada umumnya sinyal lalu lintas dipergunakan untuk beberapa alasan seperti dibawah ini :

1. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus

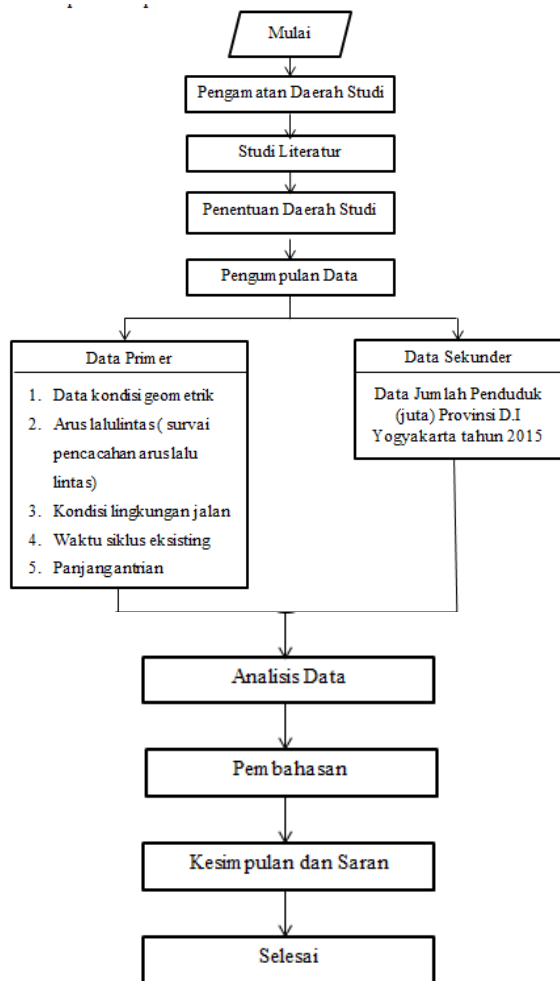
lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi jam puncak.

2. Memberikan mekanisme pengaturan lalu lintas yang lebih efektif dan murah dibandingkan pengaturan dengan cara manual.
3. Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan atau pejalan kaki dari jalan minor memotong jalan mayor.
4. Dengan dipasangnya lampu lalu lintas maka kecelakaan yang timbul diharapkan akan berkurang, karena konflik yang timbul antar lalu lintas dapat dikurangi.

Menurut Sukirman (1994), volume adalah pengukur jumlah dari arus lalu lintas. Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan jalan yang lebih lebar, sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan. Sebaliknya jalan yang terlalu lebar untuk volume lalu lintas rendah cenderung membahayakan, karena pengemudi cenderung mengemudikan kendaraannya pada kecepatan yang lebih tinggi sedangkan kondisi jalan belum tentu memungkinkan. Volume lalu lintas merupakan variabel yang penting dalam teknik lalu lintas dan pada dasarnya merupakan proses perhitungan yang berhubungan dengan jumlah gerakan per satuan waktu pada lokasi tertentu.

C. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan penelitian yang dilaksanakan adalah sebagaimana yang diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1

Untuk mengevaluasi kinerja suatu simpang bersinyal dapat dilakukan dengan memperhitungkan kapasitas (C) pada tiap pendekatan dengan seperti persamaan 1, arus lalu lintas (Q), dan derajat kejenuhan (ds) yang dapat dihitung dengan persamaan 2.

$$C = S \times g / s \dots\dots\dots(1)$$

Dimana

C = kapasitas (smp/jam)

S = arus jenuh (smp/jam)

g = waktu hijau (detik)

c = waktu siklus yang ditentukan (detik)

Nilai derajat kejenuhan (ds) dapat ditentukan dengan membandingkan arus lalu lintas (Q) terhadap kapasitas (C) seperti yang ditunjukkan pada persamaan di bawah ini

$$ds = Q / C \dots\dots\dots(2)$$

dengan

ds = derajat jenuh

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

C = kapasitas (smp/jam)

Kinerja suatu simpang dapat ditentukan dengan memperhatikan panjang antrian dan tundaan yang terjadi. Selain itu, derajat kejenuhan (degree of saturation atau ds) yang melebihi dari nilai yang diijinkan (0,85) juga akan mempengaruhi tingkat kinerja suatu simpang. Analisis perhitungan untuk evaluasi kinerja simpang dapat dilakukan secara manual menggunakan Peraturan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997.

Untuk mengetahui tingkat pelayanan suatu simpang dapat disimpulkan dari besarnya nilai tundaan yang terjadi. Penilaian tingkat pelayanan suatu simpang dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

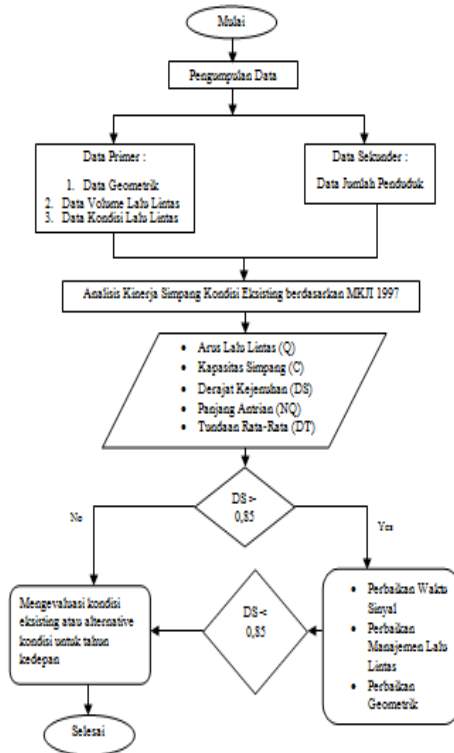
Tabel 1 Penilaian Tingkat Pelayanan Simpang

Tingkat Pelayanan	Tundaan (det/smp)	Keterangan
A	< 5	Baik Sekali
B	5,1 – 15	Baik
C	15,1 – 25	Sedang
D	25,1 – 40	Kurang
E	40,1 – 60	Buruk
F	>60	Buruk Sekali

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kinerja simpang berdasarkan data yang didapatkan melalui survei yang mewakili hari kerja. Apabila hasil analisis kinerja simpang yang didapat kurang baik yang ditunjukkan dengan derajat kejenuhan (DS) > 0,85 (MKJI,1997) maka akan diberikan alternatif solusi terbaik. Secara umum tahapan perhitungan dan analisis dapat dilihat pada Gambar 2.

Jam	Lengan	Arah	Jenis Kendaraan (Kend/Jam)			
			HV	LV	MC	UM
VJP	Barat (A)	Lurus	79	338	3120	33
		Kanan	65	241	1747	11
	Timur (B)	Lurus	30	304	1606	11
		Kiri	31	257	693	1
	Selatan (C)	Kiri	60	104	856	7
		Kanan	53	225	1201	1



Gambar 2

Berdasarkan hasil survey didapatkan kondisi eksisting volume jam puncak terjadi pada pukul 07.00-08.00. sebesar 11074 kendaraan/jam dan dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2 Volume Kendaraan Jam Puncak

Agar dapat dihitung dengan persamaan yang terdapat dalam metode MKJI 1997 maka hasil survei harus dirubah dari satuan kendaraan/jam menjadi satuan mobil penumpang (smp/jam), dengan menggunakan Tabel 3

Tabel 3 Nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang

Tipe Kendaraan	Nilai smp	
	Terlindung	Terlawan
LV	1,0	1,0
HV	1,3	1,3
MC	0,2	0,4

Sumber : MKJI, 1997

Berdasarkan hasil analisis data dengan menggunakan MKJI,1997 dieproleh hasil derajat kejenuhan (DS) pada volume jam puncak seperti pada tabel 4

Tabel 4 Hasil Derajat Kejenuhan Tiap Lengan

Kode pendekat	Arus lalu lintas (Q)	Kapasitas (C)	Derajat Kejenuhan (DS)
B	1739,6	1444	1,20
T	1100,1	1516	0,73
S	534,1	585	0,91

Dapat diketahui nilai derajat kejenuhan > 0,85 untuk lengan Barat dan Selatan sehingga dapat dikatakan bahwa pada lengan tersebut terjadi panjang antrian yang mengakibatkan tundaan yang besar. Dimana nilai tundaan dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5 Hasil Tundaan Pada tiap lengan

Kode Pendekat	Tundaan			Total Tundaan
	Tundaan Lalu lintas Rata-Rata	Tundaan Geometrik Rata-Rata	Tundaan Rata-Rata	
B	407	6,50	413,28	718949
T	24	9,98	33,88	37267
S	60	4,58	64,92	34676

Sehingga didapat nilai tundaan rata-rata simpang sebesar 212,77 det/smp yang termasuk dalam tingkat pelayanan F/buruk sekali.

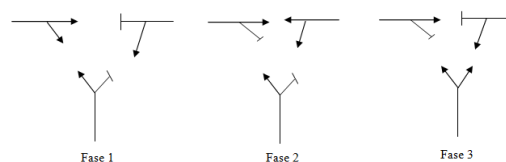
Alternatif solusi

Dari hasil nilai Ds (derajat kejenuhan) yang tinggi, maka simpang tersebut perlu adanya evaluasi dan perancangan ulang, dari beberapa alternatif yang telah dianalisis, maka didapat dua alternatif yang bisa diterapkan pada simpang tiga Ring Road Gamping. Alternatif pertama dengan melakukan perubahan waktu siklus seperti pada tabel 6

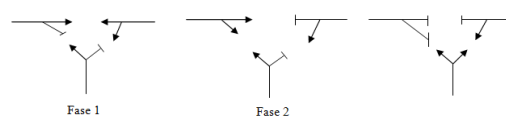
Tabel 6 Perbandingan Waktu

Lengan	Waktu Hijau Eksisting (detik)	Waktu Siklus Eksisting (detik)	Waktu Hijau Baru (detik)		Waktu Siklus Baru (detik)	
	VJP		VJP	LHR	VJP	LHR
Barat	26	81	48	27	110	81
Timur	30		33	28		
Selatan	10		14	11		

Alternative kedua dengan merubah fase ditambah perubahan waktu siklus. Disini fase dirubah yang seharusnya dari arah barat lurus jalan terus dirubah menjadi berhenti pada saat arus dari arah selatan berjalan. Ilustrasi dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 4.8 Fase Simpang Kondisi Eksisting



Gambar 4.9 Fase Simpang Setelah Perancangan Ulang

Sehingga diperoleh perbandingan-perbandingan antara alternatif dan kondisi eksisting dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 7 Perbandingan Antara Kondisi Eksisting Dan Alternatif Yang Disarankan

Waktu Hijau	Kondisi Eksisting		Perancangan Waktu Siklus		Perancangan Fase	
	VJP	LHR	VJP	LHR	VJP	LHR
Lengan A	26	26	48	27	49	42
Lengan B	30	30	33	28	25	25
Lengan C	10	10	14	11	10	10
Kapasitas						
Lengan A	1444	1456	2003	1534	2207	1635
Lengan B	1516	1516	1267	1473	1395	1559
Lengan C	585	581	514	636	668	715
Derajat Kejenuhan						
Lengan A	1.2	0.85	0.87	0.81	0.79	0.76
Lengan B	0.73	0.79	0.87	0.81	0.79	0.76
Lengan C	0.91	0.89	0.87	0.81	0.79	0.76
Panjang Antrian						
Lengan A	200	114	200	109	206	109
Lengan B	91	103	143	106	86	83
Lengan C	69	63	80	57	54	46

Tundaan Rata-Rata Lengan						
Lengan A	413.28	35.25	36.89	32.16	32.97	35.73
Lengan B	33.88	29.08	47.3	30.82	25.41	24.19
Lengan C	64.92	58.04	66.44	46.89	41.79	35.09
Tundaan Rata-Rata Simpang	212.77	33.22	41.27	30.97	25.66	25.15
Nilai Pelayanan Simpang	F	D	E	D	D	D

E. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan mengevaluasi kinerja simpang tiga bersinyal pada Jalan Ring Road Barat menggunakan metode survei *traffic counting* dan mengevaluasi menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Berdasarkan penelitian yang dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja simpang tiga Ring Road Gamping yaitu kondisi geometrik simpang, kondisi lingkungan simpang, volume lalu lintas, arus lalu lintas, kapasitas simpang, derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan. Karena faktor tersebut dapat mempengaruhi penilaian pelayanan suatu simpang, dimana apabila volume dan arus lalu lintas tinggi, kapasitas simpang rendah, maka nilai derajat kejenuhan akan tinggi dan mengakibatkan tundaan dan antrian kendaraan yang tinggi, sehingga mempengaruhi kecepatan dan menghasilkan penilaian pelayanan simpang menjadi buruk karena simpang tidak bisa menampung arus lalu lintas yang ada. Sebaliknya, apabila volume lalu lintas rendah, kapasitas simpang tinggi, maka nilai derajat kejenuhan akan rendah dan tidak

mengakibatkan tundaan dan antrian yang tinggi, sehingga jalan akan bebas hambatan, dan pengemudi dapat menentukan kecepatan, sehingga tingkat pelayanan simpang menjadi sangat baik.

2. Berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja simpang, maka diperoleh hasil sebagai berikut :
 - a. Volume Lalu Lintas Jam Puncak pada simpang Ring Road Gamping terdapat pada jam 07.00-08.00 karena pada jam tersebut penduduk Yogyakarta mulai beraktivitas, sehingga didapatkan jumlah kendaraan yang melalui simpang adalah 11074 kendaraan/jam dimana dari lengan Barat (arah gamping) sebanyak 5634 kendaraan/jam, dari lengan Timur (arah wates) sebanyak 2933 kendaraan/jam, dan dari lengan Selatan (arah UMY) sebanyak 2507 kendaraan/jam
 - b. Arus lalu lintas yang terjadi pada lengan Barat (arah gamping) sebesar 1740 smp/jam, dari lengan Timur (arah wates) sebesar 1100 smp/jam, dan dari lengan Selatan (arah UMY) sebesar 534 smp/jam.
 - c. Kapasitas dari simpang Ring Road Gamping pada lengan Barat (arah gamping) sebesar

- 1444 smp/jam, dari lengan Timur (arah wates) sebesar 1516 smp/jam, dan dari lengan Selatan (arah UMY) sebesar 584 smp/jam.
- d. derajat kejenuhan lengan Barat adalah 1,2, lengan Timur adalah 0,73, dan lengan Selatan adalah 0,91. Pada lengan Barat dan Selatan derajat kejenuhan lebih dari 0,75 jadi lengan tersebut dapat dikatakan terjadi kemacetan.
 - e. Panjang antrian pada lengan Barat adalah 200 meter, lengan Timur adalah 91 meter, dan lengan Selatan adalah 69 meter.
 - f. Nilai tundaan yang dihasilkan simpang Ring Road Gamping adalah 212,775 detik/smp, sehingga tingkat pelayanan simpang pada konsisi jam sibuk tergolong pada golongan F/buruk sekali karena >60 detik/smp.
3. Mengingat pengaturan lalu lintas untuk simpang tiga Ring Road Gamping sudah tidak maksimal karena tingginya tundaan yang dihasilkan. Maka, berdasarkan beberapa kali pengujian diperoleh dua skenario yang dapat diterapkan pada simpang tiga Ring Road Gamping sebagai berikut :
- a. Pada skenario pertama dengan mengubah waktu siklusnya didapat hasil waktu hijau pada lengan barat (arah gamping) adalah 48 detik untuk VJP dan 27 detik untuk LHR, untuk lengan timur (arah wates) adalah 33 detik untuk VJP dan 28 detik untuk LHR, dan untuk lengan selatan (arah UMY) adalah 14 detik untuk VJP dan 11 detik untuk LHR.
 - b. Pada skenario kedua dengan mengubah fase dimana lalu lintas dari arah barat ke arah timur yang tadinya jalan terus

diubah menjadi berhenti saat arah selatan menuju kearah timur berjalan, sehingga didapatkan hasil waktu hijau pada lengan barat (arah gamping) untuk lurus (VJP) 49 detik (LHR) 42 detik, untuk belok kanan (VJP) 24 detik (LHR) 17 detik, untuk lengan timur (arah wates) adalah 25 detik untuk VJP dan 25 detik untuk LHR, dan untuk lengan selatan (arah UMY) adalah 10 detik untuk VJP dan 10 detik untuk LHR.

- c. Nilai derajat jenuh dan tundaan untuk setiap skenario

Dari hasil perhitungan dengan metode MKJI 1997 mengenai simpang bersinyal, didapatkan nilai derajat jenuh dan nilai tundaan yang berfungsi sebagai pembanding skenario mana yang paling optimal. Urutan skenario mulai dari derajat jenuh yang paling kecil sampai nilai derajat jenuh yang paling besar adalah skenario dua dengan derajat kejenuhan 0,76 untuk LHR dan 0,79 untuk VJP, dan skenario pertama dengan derajat kejenuhan 0,81 untuk LHR dan 0,87 untuk VJP. Sedangkan untuk nilai tundaan rata-rata simpang untuk skenario pertama adalah 41,27 dan 30,97, dan untuk skenario kedua adalah 25,67 dan 25,15. Dari nilai derajat jenuh dan nilai tundaan rata-rata maka dapat disimpulkan bahwa skenario yang terbaik adalah skenario kedua.

Saran

Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi yang dilakukan pada simpang tiga Ring Road Gamping Yogyakarta disarankan :

1. Untuk penelitian yang akan datang diharapkan menggunakan evaluasi dengan metode lain selain MKJI

1997 karena metode ini sudah terlalu lama dan mencari referensi lain yang lebih sesuai dengan kondisi pada saat ini.

2. Untuk penelitian yang akan datang perlu dilakukan simulasi dengan program komputer yang dapat menampilkan hasil visual sehingga bisa dilihat konflik yang terjadi dan melihat pergerakan kendaraan keluar dan masuk simpang.
3. Adanya penegakan disiplin berlalu lintas bagi angkutan umum supaya tidak berhenti dan menaikturunkan penumpang dengan seenaknya.
4. Melihat kondisi yang terjadi di persimpangan diharapkan bagi instansi terkait untuk melakukan evaluasi dan pengaturan ulang waktu siklus agar dapat mengurangi panjang antrian yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jendral Bina Marga, (1997), *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum, Nusa Media, Jakarta.
- Hobbs, F. D., 1979, *Traffic Planning and Engineering*, Second Edition, Pergamon Press, England.
- Kristanto, Hendri Setyo, 2013, *Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal*, Tugas Akhir Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Kusumastuti, Petra Budiarti, 2014, *Manajemen Lalu Lintas Simpang Jombor*, Tugas Akhir Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Malkamah, Siti, 1994, *Volume Lalu Lintas dan Pengantar Manajemen Lalu Lintas*, Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Munawar, Ahmad, (2004), *Manajemen Lalulintas Perkotaan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Musyarofah, Hesti Ifitachul, 2015, *Evaluasi Kinerja Detektor Adaptif Pada Sistem ATCS (Area Traffic Control System)*, Tugas Akhir Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Menteri Perhubungan, 2006, *Peraturan Kementrian Perhubungan Nomor 14 Tahun 2006, Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas Di Jalan*, Nusa Media, Jakarta.
- Morlok, Edward K. 1991. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, Erlangga, Jakarta.
- Oglesby, C. H. dan Hicks, R. G. 1993. *Teknik Jalan Raya*, Erlangga, Jakarta.
- Papacostas, C.S., (1987), *Fundamentals of Transportation Engineering*, PrenticeHall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey, United States of America.
- Purnomo, Ridho Tri, 2015, *Dampak Parkir Vertikal Khusus Wisata Terhadap Simpang Tidak Bersinyal Pada Jalan Perkotaan*, Tugas Akhir Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Presiden Republik Indonesia, 2009, *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan*. Nusa Media, Jakarta.
- Presiden Republik Indonesia, 1993, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu lintas*. Nusa Media, Jakarta.
- Presiden Republik Indonesia, 2006, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesian Nomor 34 Tahun 2006*

tentang Jalan, Nusa Media,
Jakarta.

Rachmawati, Chusnul, 2013, *Evaluasi Kinerja Lalu Lintas Simpang Bersinyal*, Tugas Akhir Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.

Sukirman.Silvia, 1999, *Dasar-dasar Perencanaan Geomatik Jalan*, NOVA, Bandung.

Steenbrink, 1974, *Optimization of Transport Networks*, Tugas Akhir Universitas Jendral Soedirman, Purwokerto

Tamin, Ofyar Z, 2000, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Institut Teknologi Bandung, Bandung