

NASKAH SEMINAR TUGAS AKHIR¹

ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL PADA PERSIMPANGAN JALAN WIROBRAJAN, YOGYAKARTA

Yogi Yolanda², Dr. Noor Mahmudah, S.T., M.Eng³, Muchlisin, S.T., M.Sc⁴.
Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

ABSTRAK

Pertambahan jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi dan peningkatan kebutuhan lainnya menyebabkan kebutuhan manusia akan pergerakan meningkat. pertumbuhan jalan baik dari segi kualitas maupun dari segi kuantitas harus mampu mengimbangi pertumbuhan jumlah kendaraan. Yogyakarta sudah terdapat banyak persimpangan yang dilengkapi oleh Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Salah satunya adalah simpang 4 lengan yang terletak di jalan H.O.S. Cokroaminoto, Wirobrajan, Yogyakarta. Simpang ini memiliki arus lalu lintas yang tinggi. Dimana kondisi lingkungan di sekitar lokasi simpang merupakan wilayah komersial, karena terdapat sekolah, minimarket, pertokoan, pemukiman dan AMC (Asri Medical Center). Kondisi lingkungan tersebut tentu sangat mempengaruhi ukuran kinerja simpang. Sehingga terjadi kepadatan dan tundaan yang cukup besar dan perlu adanya evaluasi kinerja simpang sehingga pergerakan arus lalu lintas lancar. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan mengevaluasi kinerja simpang bersinyal pada Jalan Wirobrajan menggunakan metode survei traffic counting dan mengevaluasi menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa (1) Volume arus lalu lintas jam puncak berada pada pukul 06.45-07.45 dengan jumlah 14845 kend/jam. Arus lalu lintas yang terjadi pada lengan Utara (Jalan H.O.S Cokroaminoto) sebesar 1000 smp/jam, dari lengan Timur (Jalan RE Martadinata) sebesar 778,8 smp/jam, dari lengan Selatan (Jalan Wirobrajan) sebesar 782,8 smp/jam, lengan Barat (Jalan Wates) sebesar 1500,5 smp/jam. Kapasitas yang terjadi pada lengan Utara sebesar 826,35 smp/jam, dari lengan Timur sebesar 1102,42 smp/jam, dari lengan Selatan sebesar 621,39 smp/jam, lengan Barat sebesar 978,30 smp/jam. Derajat kejenuhan pada lengan Utara sebesar 1,21, dari lengan Timur sebesar 0,71, dari lengan Selatan sebesar 1,26, lengan Barat sebesar 1,53. Panjang antrian yang terjadi pada lengan Utara sebesar 200 meter, dari lengan Timur sebesar 97 meter, dari lengan Selatan sebesar 200 meter, lengan Barat sebesar 200 meter. Nilai tundaan yang dihasilkan simpang Wirobrajan adalah 610,33 detik/smp, sehingga tingkat pelayanan simpang pada konsisi jam sibuk tergolong pada golongan F karena >60 detik/smp. (2) Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai derajat jenuh dan nilai tundaan yang berfungsi sebagai pembanding skenario mana yang paling optimal. Nilai derajat jenuh pada skenario pertama pada kondisi VJP sebesar 0,97 dan LHR sebesar 0,87. Pada skenario kedua pada kondisi VJP 0,95 dan LHR sebesar 0,85. Nilai tundaan rata-rata simpang pada skenario pertama pada kondisi VJP sebesar 230,20 detik/smp dan LHR sebesar 64,82 detik/smp. Pada skenario kedua pada kondisi VJP 151,51 detik/smp dan LHR sebesar 58,51 detik/smp. Sehingga, dapat disimpulkan skenario terbaik adalah skenario kedua.

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

¹ Disampaikan pada seminar tugas akhir

³ Dosen Pembimbing I

² Mahasiswa Teknik Sipil UMY, 20120110209

⁴ Dosen Pembimbing II

A. PENDAHULUAN

Pertambahan jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi dan peningkatan kebutuhan lainnya menyebabkan kebutuhan manusia akan pergerakan meningkat. pertumbuhan jalan baik dari segi kualitas maupun dari segi kuantitas harus mampu mengimbangi pertumbuhan jumlah kendaraan. Namun pada kenyataannya dari jalan-jalan tertentu terjadi ketidakseimbangan antara pertumbuhan kendaraan dengan perkembangan jalan, sehingga kapasitas jalan tidak sesuai dengan rencana serta mengakibatkan kemacetan dan perlambatan pergerakan kendaraan. Perkembangan yang terjadi di Daerah Istimewa Yogyakarta berdampak pada meningkatnya pergerakan manusia, barang dan jasa. Karena perkembangan wilayah berdampak pada sistem transportasi wilayah itu sendiri. Perkembangan prasarana transportasi yang tidak seimbang dibandingkan dengan laju pertumbuhan kepemilikan kendaraan bermotor merupakan salah satu faktor penyebab menurunnya kinerja suatu ruas jalan dan simpang. Penurunan kinerja dari suatu simpang ini akan mengakibatkan terjadinya penurunan kecepatan, peningkatan tundaan dan peningkatan antrian sehingga menaikkan biaya operasional dari kendaraan dan menurunkan kualitas lingkungan. Selain itu akan memperbesar peluang terjadinya kecelakaan dan kemacetan pada simpang itu sendiri. Yogyakarta sudah terdapat banyak persimpangan yang dilengkapi oleh Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Salah satunya adalah simpang 4 lengan yang terletak di jalan H.O.S. Cokroaminoto, Wirobrajan, Yogyakarta. Simpang ini memiliki arus lalu lintas yang tinggi. Dimana lengan utara adalah Jalan H.O.S Cokroaminoto, lengan timur adalah Jalan RE Martadinata, lengan selatan adalah Jalan Wirobrajan dan lengan Timur adalah Jalan Wates, kondisi lingkungan di sekitar lokasi simpang merupakan wilayah

komersial, karena terdapat sekolah, minimarket, pertokoan, pemukiman dan AMC (Asri Medical Center). Kondisi lingkungan tersebut tentu sangat mempengaruhi ukuran kinerja simpang. 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

Menurut Morlok (1995) transportasi didefinisikan sebagai kegiatan memindahkan atau mengangkut sesuatu dari suatu tempat dipindah ke tempat lain. Terdapat dua jenis persimpangan jalan dari segi pandangan untuk kontrol kendaraan, yaitu persimpangan dengan sinyal dan persimpangan tanpa sinyal.

Lampu lalu lintas merupakan alat pengatur lalu lintas yang mempunyai fungsi utama sebagai pengatur hak berjalan pergerakan lalu lintas (termasuk pejalan kaki) secara bergantian di pertemuan jalan (Malkhamah, 1994).

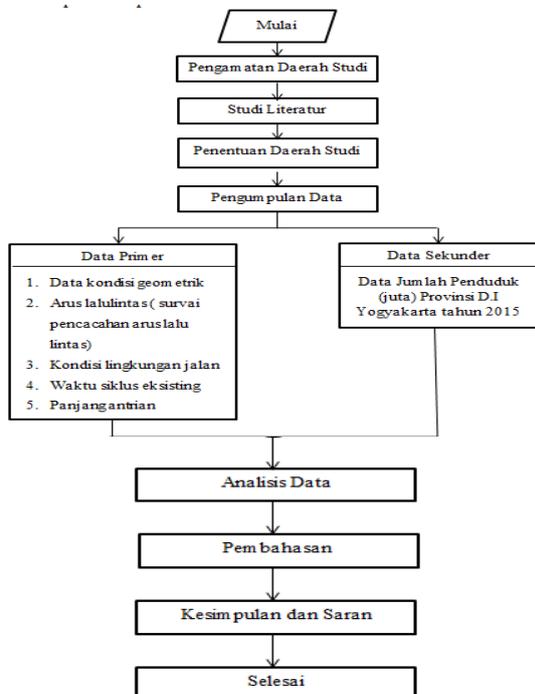
Tujuan diterapkannya lampu lalu lintas adalah :

1. Menciptakan pergerakan dan hak berjalan secara bergantian dan teratur sehingga meningkatkan daya dukung pertemuan jalan dan melayani arus lalu lintas,
2. Hirarki rute bisa dilaksanakan : rute utama diusahakan untuk mengalami kelambatan (*delay*) minimal,
3. Pengaturan prioritas (misalnya untuk angkutan umum) dapat dilaksanakan,

4. Menciptakan *gap* pada arus lalu lintas yang padat untuk memberi hak berjalan arus lalu lintas lain (seperti sepeda, pejalan kaki) memasuki persimpangan, dan menciptakan iring-iringan (*platoon*) pada arus lalu lintas yang padat,
5. Mengurangi terjadinya kecelakaan dan kelambatan lalu lintas,
6. Memberikan mekanisme pengaturan lalu lintas yang lebih efektif dan murah dibandingkan pengaturan manual,
7. Mengurangi tenaga polisi dan menghindarkan polisi dari polusi udara, kebisingan, dan resiko kecelakaan,
8. Memberikan rasa percaya kepada pengemudi bahwa hak berjalannya terjamin dan menumbuhkan sikap disiplin.

C. METODOLOGI PENELITIAN

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



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Simpang Wirobrajan, Yogyakarta. Jenis simpang bersinyal dengan tipe pendekatan terlindung (P).



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Pengumpulan data primer dilakukan dengan melakukan survei sebagai berikut:

1. Survei Pendahuluan (Observasi)
 - Survei dilakukan sebelum penelitian lapangan dilakukan, adapun yang termasuk dalam survei ini adalah:
 - a. Peninjauan lokasi penelitian
 - b. Penentuan titik *surveyor* agar memudahkan dalam pengamatan
 - c. Pencacahan arus lalu lintas
2. Survei Geometri Simpang
 - Survei geometri simpang dilakukan untuk memperoleh data fisik lengan simpang yang selanjutnya digunakan untuk menghitung kapasitas *link*.
3. Survei Lapangan
 - Survei pengamatan langsung di lapangan dilakukan untuk memperoleh data sebagai berikut:
 - a. Arus lalu lintas
 - b. Kondisi lingkungan jalan
 - c. Waktu siklus eksisting
 - d. Panjang antrian

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
 $ds = Q / C$ (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 :

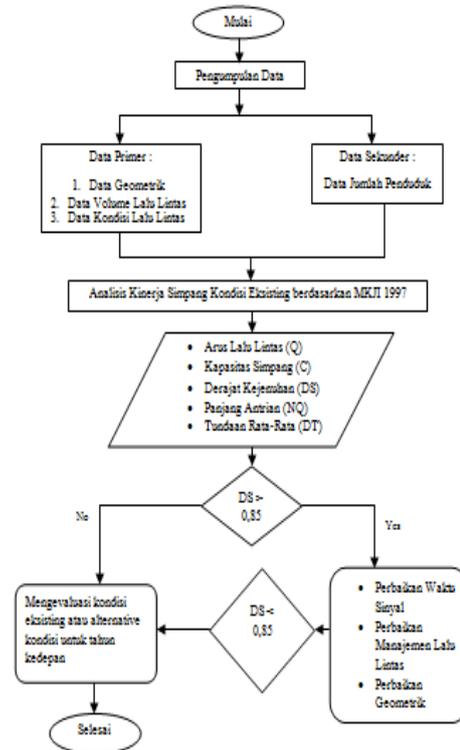
Tabel 1 Penilaian Tingkat Pelayanan Simpang

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

Sumber : Peraturan Kementrian No. 96 Tahun 2015

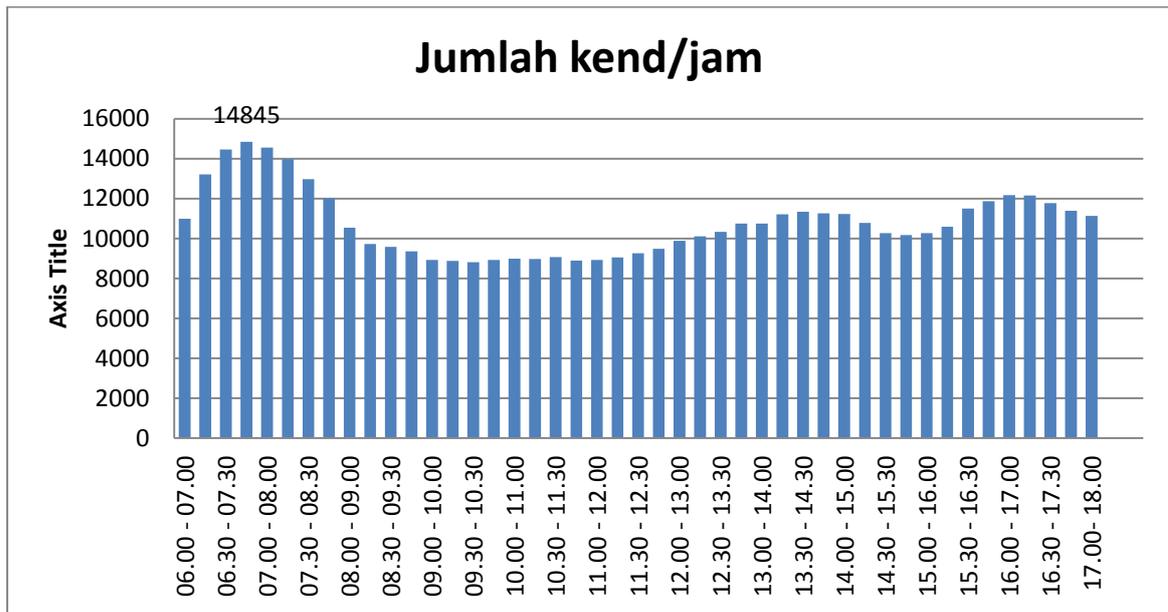
D. HASIL DAN PEMBAHASAN

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 3.



Gambar 3. Proses Analisis Data

Berdasarkan hasil survey didapatkan kondisi eksisting volume jam puncak terjadi pada pukul 06.45-07.45. sebesar 14845 kendaraan/jam dan dapat dilihat pada Gambar 4 dan Tabel 2



Gambar 4. Grafik Volume Lalu Lintas

Tabel 2. Volume Kendaraan Jam Puncak

Interval	Lengan	HV	LV	MC	UM
06.45-07.45	A ke B (KIRI)	2	125	747	16
	A ke C (LURUS)	5	211	1292	7
	A ke D (KANAN)	1	142	483	3
	B ke C (KIRI)	1	26	667	5
	B ke D (LURUS)	3	132	1757	18
	B ke A (KANAN)	2	57	356	12
	C ke D (KIRI)	5	52	429	10
	C ke A (LURUS)	2	189	1725	31
	C ke B (KANAN)	3	23	375	7
	D ke A (KIRI)	1	212	2138	8
	D ke B (LURUS)	0	156	2815	20
D ke C (KANAN)	4	28	537	5	

Agar dapat dihitung dengan persamaan yang terdapat dalam metode MKJI 1997 maka hasil survei harus dirubah dari satuan kendaraan/jam menjadi

satuan modul 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)
U	1000	826,35	1,21
T	778,8	1102,42	0,71
S	782,8	621,39	1,26
B	1500,5	978,30	1,53

Dapat diketahui nilai derajat kejenuhan > 0,85 untuk lengan Utara, Selatan dan Barat 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. Nilai Tundaan

Interval	kode pendekat	Tipe Pendekat	Tundaan			Total Tundaan
			Tundaan Lalu lintas Rata-Rata	Tundaan Geometrik Rata-Rata	Tundaan Rata-Rata	
06.45-07.45	A (utara)	P	441,88	11,62	453,49	453494
	B (timur)	P	41,29	13,20	54,49	42437,4
	C (selatan)	P	535,73	13,58	549,30	429993
	D (barat)	P	1020,98	14,20	1035,18	1553281

Sehingga didapat nilai tundaan rata-rata simpang sebesar 610,33 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 persimpangan Jalan Wirobrajan. Alternatif pertama dengan melakukan perubahan waktu siklus seperti pada tabel 6

Tabel 6. Perubahan Waktu Siklus

Waktu Hijau	Kondisi Eksisting		Perancangan Waktu Siklus	
	VJP	LHR	VJP	LHR
Lengan A	22	22	122	28
Lengan B	30	30	97	27
Lengan C	17	17	98	24
Lengan D	27	27	190	36
Waktu siklus	116	116	528	134

Alternative kedua dengan melakukan pelebaran sebesar 0,5 meter pada lengan utara dan barat ditambah perubahan waktu siklus sehingga di dapat perbedaan seperti yang bisa dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 7. Perbandingan Lebar Lengan

Lengan	Lebar Lengan	
	Kondisi Eksisting	Perancangan Ulang
A (utara)	7 meter	7,5 meter
B (timur)	7 meter	7 meter
C (selatan)	7 meter	7 meter
D (barat)	7 meter	7,5 meter

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

Tabel 8. Perbandingan Antara Kondisi Eksisting Dan Tiap Skenario

Waktu Hijau	Kondisi Eksisting		Skenario 1		Skenario 2	
	VJP	LHR	VJP	LHR	VJP	LHR
Lengan A	22	22	122	28	74	24
Lengan B	30	30	97	27	63	25
Lengan C	17	17	98	24	64	22
Lengan D	27	27	190	36	115	31
Derajat Kejenuhan						
Lengan A	1,21	0,97	0,97	0,87	0,95	0,85
Lengan B	0,71	0,7	0,97	0,87	0,95	0,85
Lengan C	1,26	1,06	0,97	0,87	0,95	0,85
Lengan D	1,53	1,01	0,97	0,87	0,95	0,85
Panjang Antrian						
Lengan A	200	143	200	131	187	123
Lengan B	97	97	200	123	200	123
Lengan C	200	194	200	111	200	111
Lengan D	200	200	200	151	187	141
Tundaan Tiap Lengan						
Lengan A	453,49	87,35	239,05	65,62	157,87	59,61
Lengan B	54,49	46,19	258,44	66,46	169,12	59,35
Lengan C	549,3	208,57	257,76	70,09	168,64	62,63
Lengan D	1035,18	117,86	195,27	59,38	129,2	54,19
Tundaan Rata-Rata Simpang						
	610,33	111,93	230,2	64,82	151,51	58,5
Tingkat Pelayanan Simpang	F	F	F	F	F	E

E. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan mengevaluasi kinerja simpang bersinyal pada Jalan Wirobrajan 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 bersinyal Jalan Wirobrajan 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.
2. Berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja simpang, maka diperoleh hasil sebagai berikut :
 - a. Volume arus lalu lintas jam puncak berada pada pukul 06.45-07.45 dengan jumlah 14845 kendaraan/jam.
 - b. Arus lalu lintas yang terjadi pada lengan Utara (Jalan H.O.S Cokroaminoto) sebesar 1000 smp/jam, dari lengan Timur (Jalan RE Martadinata) sebesar 778,8 smp/jam, dari lengan Selatan (Jalan Wirobrajan) sebesar 782,8 smp/jam, lengan Barat (Jalan Wates) sebesar 1500,5 smp/jam.
 - c. Kapasitas yang terjadi pada lengan Utara (Jalan H.O.S Cokroaminoto) sebesar 826,35 smp/jam, dari lengan Timur (Jalan RE Martadinata) sebesar 1102,42 smp/jam, dari lengan Selatan (Jalan Wirobrajan) sebesar 621,39 smp/jam, lengan Barat (Jalan Wates) sebesar 978,30 smp/jam.
 - d. Derajat kejenuhan pada lengan Utara (Jalan H.O.S Cokroaminoto) sebesar 1,21, dari lengan Timur (Jalan RE Martadinata) sebesar 0,71, dari lengan Selatan (Jalan Wirobrajan) sebesar 1,26, lengan Barat (Jalan Wates) sebesar 1,53.
 - e. Panjang antrian yang terjadi pada lengan Utara (Jalan H.O.S Cokroaminoto) sebesar 200 meter, dari lengan Timur (Jalan RE Martadinata) sebesar 97 meter, dari lengan Selatan (Jalan Wirobrajan) sebesar 200 meter, lengan Barat (Jalan Wates) sebesar 200 meter.
 - f. Nilai tundaan yang dihasilkan simpang Wirobrajan adalah 610,33 detik/smp, sehingga tingkat pelayanan simpang pada konsisi jam sibuk tergolong pada golongan F karena >60 detik/smp.
3. Mengingat pengaturan lalu lintas untuk simpang Jalan wirobrajan sudah tidak maksimal karena tingginya tundaan yang dihasilkan. Maka, berdasarkan beberapa kali pengujian diperoleh dua skenario yang dapat diterapkan sebagai berikut :
 - a. Skenario pertama dengan merubah waktu siklus yang

sudah ada dengan waktu siklus yang baru pada kondisi Volume Jam Pencak (VJP) dan Kondisi Lalu Lintas Rata-Rata (LHR), sehingga dihasilkan waktu hijau yang berbeda dengan kondisi yang sebenarnya.

VJP : Lengan Utara 122 detik, Lengan Timur 97 detik, Lengan Selatan 98 detik, Lengan Barat 190 detik.

LHR : Lengan Utara 28 detik, Lengan Timur 27 detik, Lengan Selatan 24 detik, Lengan Barat 36 detik.

- b. Skenario kedua dengan melakukan pelebaran sebesar 0,5 meter pada lengan utara dan barat ditambah perubahan waktu siklus, sehingga dihasilkan waktu hijau baru sebagai berikut :

VJP : Lengan Utara 74 detik, Lengan Timur 63 detik, Lengan Selatan 64 detik, Lengan Barat 115 detik.

LHR : Lengan Utara 24 detik, Lengan Timur 25 detik, Lengan Selatan 22 detik, Lengan Barat 31 detik.

- c. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai derajat jenuh dan nilai tundaan yang berfungsi sebagai pembanding skenario mana yang paling optimal.

Nilai derajat jenuh pada skenario pertama pada kondisi VJP sebesar 0,97 dan LHR sebesar 0,87. Pada skenario kedua pada kondisi VJP 0,95 dan LHR sebesar 0,85.

Nilai tundaan rata-rata simpang pada skenario pertama pada kondisi VJP sebesar 230,20 detik/smp dan LHR sebesar 64,82

detik/smp. Pada skenario kedua pada kondisi VJP 151,51 detik/smp dan LHR sebesar 58,51 detik/smp.

Sehingga, dapat disimpulkan skenario terbaik adalah skenario kedua.

Saran

Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi yang dilakukan pada simpang bersinyal Jalan Wirobrajan Yogyakarta disarankan :

1. Untuk penelitian yang akan datang diharapkan menggunakan evaluasi dengan metode dan referensi lain selain MKJI 1997 karena metode ini sudah terlalu lama dan kurang sesuai dengan kondisi pada saat ini.
2. Untuk penelitian yang akan datang sebaiknya pengambilan data dilakukan pada saat hari kerja dan hari libur, agar mendapatkan hasil analisis yang optimal.
3. 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.
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.
5. Penambahan alat bantu Sensor infrared / detektor sehingga membuat simpang empat Wirobrajan bekerja lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jendral Bina Marga, (1997), *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum, Nusa Media, Jakarta.
- 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.
- Menteri Perhubungan, 2015, *Peraturan Kementrian Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015, Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas Di Jalan*, Nusa Media, Jakarta.
- Morlok, Edward K. 1995. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, Erlangga, Jakarta.
- 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.
- Sukirman.Silvia, 1999, *Dasar-dasar Perencanaan Geomatik Jalan*, NOVA, Bandung.
- Tamin, Ofyar Z, 2000, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Institut Teknologi Bandung, Bandung