

**ANALISIS KINERJA SIMPANG 3 TAK BERSINYAL TERHADAP PENGARUH
PENGADAAN SHELTER TRANS JOGJA**

**(Studi kasus : simpang Jalan Rajawali, simpang Jalan Tegal Rejo dan simpang
Gerbang Kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)¹**

Reza Rafediansyah², Ir. Wahyu Widodo., M.T.³, Muchlisin, S.T., M.Sc.⁴

INTISARI

Perencanaan trayek serta shelter baru Trans Jogja di kawasan sekitar kampus terpadu Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dirasa sangat dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan akan angkutan umum oleh civitas academica dan bahkan warga masyarakat yang tinggal di kawasan sekitar kampus terpadu Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Pengkajian lebih lanjut terhadap kinerja simpang yang terdapat di kawasan sekitarnya pun perlu dilakukan untuk mengetahui kinerja operasi dari simpang tersebut sebelum dan setelah adanya shelter Trans Jogja. Simpang yang masuk dalam wilayah kajian yaitu Simpang Jalan Rajawali (Selatan), Simpang Jalan Tegal Rejo (Utara), dan Simpang Gerbang Utama Kampus (Timur), ketiga simpang tersebut terhubung langsung dengan akses jalur lambat Ring Road Barat Yogyakarta. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kinerja simpang kajian berdasarkan metode MKJI (1997) pada kondisi eksisting dan setelah adanya shelter Trans Jogja yang meliputi: kapasitas, perilaku lalu-lintas (derajat kejenuhan, tundaan, dan peluang antrian) dan tingkat pelayanan simpang. Penelitian ini menggunakan 2 cara dalam analisisnya yaitu dengan cara manual (Microsoft Excel) dan menggunakan software KAJI. Hasil analisis Kinerja Simpang pada kondisi eksisting berdasarkan hasil perhitungan manual dan menggunakan software KAJI, nilai kapasitas simpang terbesar yaitu untuk simpang Rajawali sebesar 3795 smp/jam, simpang jalan Tegal Rejo sebesar 4910 smp/jam, dan simpang Gerbang Kampus UMY sebesar 4684 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan tertinggi yaitu untuk simpang Jalan Rajawali sebesar 0,634, simpang Jalan Tegal Rejo sebesar 0,364, dan simpang Gerbang Kampus UMY sebesar 0,325. Tundaan simpang tertinggi untuk simpang Jalan Rajawali 10,47 detik/smp, simpang Jalan Tegal Rejo 7,366 detik/smp, dan simpang Gerbang Kampus UMY 7,313 detik/smp. Peluang antrian tertinggi berdasarkan hasil perhitungan manual dan menggunakan software KAJI yaitu untuk simpang Jalan Rajawali 17 % -35 %, simpang Jalan Tegal Rejo 7 % -17 %, dan simpang Gerbang Kampus UMY 5 % - 15 %. Berdasarkan hasil tundaan simpang yang berkisar antara 5-15 detik/smp, ketiga simpang kajian termasuk kategori tingkat pelayanan 'B'. Hasil analisis Kinerja Simpang pada kondisi setelah adanya shelter Trans Jogja, nilai kapasitas simpang untuk simpang Rajawali sebesar 3606 smp/jam, simpang jalan Tegal Rejo sebesar 4935 smp/jam, dan simpang Gerbang Kampus UMY sebesar 4324 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan tertinggi untuk simpang Jalan Rajawali 0,618, simpang Jalan Tegal Rejo sebesar 0,357, dan simpang Gerbang Kampus UMY sebesar 0,319. Nilai Tundaan simpang tertinggi untuk simpang Jalan Rajawali 10,218 detik/smp, simpang Jalan Tegal Rejo 7,268 detik/smp, dan simpang Gerbang Kampus 7,114 detik/smp. Peluang antrian tertinggi untuk simpang Jalan Rajawali 16 %-33 %, simpang Jalan Tegal Rejo 6%-16 %, dan simpang Gerbang Kampus UMY 5 %-15 %.

Kata kunci : *Derajat Kejenuhan, Kapasitas, Peluang Antrian, Tundaan*

¹ Disampaikan pada seminar Tugas Akhir

² 20120110074 Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UMY

³ Dosen Pembimbing I

⁴ Dosen Pembimbing II

A. PENDAHULUAN

Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta telah mengembangkan sistem manajemen angkutan umum bus yang dikenal dengan *buy the service system* dan angkutan yang diberi nama Trans Jogja. Meningkatnya volume kendaraan di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta setiap tahunnya mendorong pemerintah dalam hal ini pihak Dishubkominfo Provinsi D.I Yogyakarta untuk terus mengembangkan angkutan bus Trans Jogja. Beberapa upaya yang dilakukan pihak Dishubkominfo untuk mengembangkan angkutan bus Trans Jogja yaitu dengan menambah trayek, armada bus, serta *shelter* di beberapa kawasan untuk memenuhi kebutuhan angkutan umum khususnya Trans Jogja.

Salah satu faktor yang terpengaruh oleh adanya pengembangan angkutan umum adalah jaringan jalan dalam hal ini persimpangan jalan. Oleh karena itu perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut tentang pengaruh trayek serta penempatan *shelter* baru terhadap kinerja simpang di sekitarnya.

1. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Menganalisis kinerja simpang kajian berdasarkan metode MKJI (1997) pada kondisi eksisting, meliputi:
 - 1) Kapasitas
 - 2) Perilaku lalu-lintas
 - a) Derajat kejenuhan
 - b) Tundaan
 - tundaan lalu-lintas simpang
 - tundaan lalu-lintas jalan utama
 - tundaan lalu-lintas jalan minor
 - tundaan geometrik simpang
 - tundaan simpang
 - c) Peluang antrian
 - d) Penilaian perilaku lalu-lintas
 - e) Tingkat pelayanan simpang
- b. Membandingkan hasil analisis kinerja simpang secara manual (Microsoft Excel) terhadap hasil analisis yang menggunakan *software* KAJI (Kapasitas Jalan Indonesia)

- c. Menganalisis kinerja simpang terhadap pengaruh pengadaan *shelter* Trans Jogja, meliputi :

- 1) Kapasitas
- 2) Perilaku lalu-lintas
 - a) Derajat kejenuhan
 - b) Tundaan
 - tundaan lalu-lintas simpang
 - tundaan lalu-lintas jalan utama
 - tundaan lalu-lintas jalan minor
 - tundaan geometrik simpang
 - tundaan simpang
 - c) Peluang antrian

2. Manfaat Penelitian

Hasil Penelitian ini diharap dapat menjadi bahan evaluasi dan masukan yang penting bagi pihak Dinas Perhubungan Kominikasi dan Informatika Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dalam usaha mengembangkan trayek angkutan bus Trans Jogja di masa mendatang dan menjadi bahan referensi bagi yang akan melakukan penelitian sejenis.

3. Batasan Masalah

Batasan masalah kegiatan penelitian ini adalah :

- a. Penelitian ini tidak mengkaji tentang ruas jalan dalam jaringan.
- b. Penelitian ini tidak mengkaji tentang alternatif solusi penanganan simpang.
- c. Data perpindahan Moda Transportasi
Menggunakan data sekunder yang didapatkan dari penelitian Putri (2016)
- d. Penelitian ini tidak mengkaji secara teknis pengadaan *shelter* Trans Jogja.
- e. Analisis perhitungan kinerja simpang terhadap pengaruh pengadaan *shelter* Trans Jogja hanya dilakukan secara manual menggunakan *software* Microsoft Excel.

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. Jaringan Jalan

Sistem jaringan jalan terdiri dari dua komponen yaitu simpang (*node*) dan ruas (*link*). Sistem jaringan jalan merupakan

abstraksi dari fasilitas transportasi yang memiliki kedudukan penting, terutama jika dihubungkan dengan penggunaan lahan akan membentuk suatu pola tata guna lahan yang pada gilirannya dapat mempengaruhi rencana fisik ruang kota, serta perannya sebagai sarana transportasi yaitu untuk menampung pergerakan manusia dan kendaraan (Creighton, 2000, dalam Juniardi, 2006).

2. Simpang

Simpang merupakan komponen terpenting dalam sistem jaringan jalan karena bagaimanapun baiknya kinerja ruas jalan, apabila tidak didukung dengan kinerja simpang yang baik maka secara sistem bisa disebut kinerja dari sistem jaringan jalan tersebut kurang baik. Simpang dapat didefinisikan sebagai daerah umum dimana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu-lintas di dalamnya (Khisty, 2005, dalam Juniardi, 2006). Tamin (2008) menyatakan bahwa beberapa penelitian yang telah dilakukan di kota-kota besar di Indonesia dapat disimpulkan bahwa waktu keterlambatan (delay) di persimpangan berkontribusi sebesar 60-70% dari total waktu perjalanan (travel time), sehingga permasalahan yang ada pada simpang merupakan hal yang sangat krusial dalam mengatasi masalah pada sistem jaringan jalan.

3. Konflik Lalu Lintas Simpang

Pada daerah simpang, lintasan kendaraan akan berpotongan pada satu titik-titik konflik. Konflik ini akan menghambat pergerakan dan juga merupakan lokasi potensial untuk terjadinya bersentuhan/tabrakan (kecelakaan). Arus lalu-lintas yang terkena konflik pada suatu simpang mempunyai tingkah laku yang kompleks, setiap gerakan berbelok ataupun lurus masing-masing menghadapi konflik yang berbeda dan berhubungan langsung dengan tingkah laku gerakan tersebut.

4. Perlengkapan Pengendali Simpang

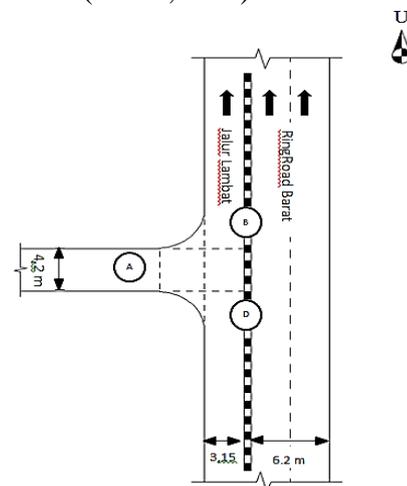
Fungsi perlengkapan pengendali lalu-lintas adalah untuk menjamin keamanan dan efisien simpang dengan cara memisahkan aliran lalu-lintas kendaraan yang saling bersinggungan. Dengan kata lain, hak prioritas untuk memasuki dan melalui suatu simpang selama periode waktu tertentu diberikan kepada satu atau beberapa aliran lalu-lintas. Seluruh perlengkapan pengendali lalu-lintas pada simpang dapat digunakan secara terpisah atau digabungkan bila perlu dan kesemuanya merupakan sarana utama pengaturan, peringatan, atau pemandu lalu-lintas

C. LANDASAN TEORI

1. Data Masukan

a. Kondisi geometrik

Kondisi geometrik dibuat dalam bentuk sketsa yang memberikan gambaran suatu simpang mengenai informasi tentang kerib, lebar jalur, bahu dan median. Jalan utama adalah jalan yang dipertimbangkan terpenting pada simpang, misalnya jalan dengan klasifikasi fungsional tertinggi. Untuk simpang 3 lengan, jalan yang menerus selalu jalan utama. Sketsa lalu-lintas memberikan informasi lalu-lintas yang lebih rinci dari yang diperlukan untuk analisa simpang tak bersinyal. Jika alternatif pemasangan sinyal pada simpang juga akan diuji, informasi ini akan diperlukan (MKJI,1997).



Gambar 1. Kondisi geometrik simpang

b. Kondisi lingkungan

Lingkungan jalan diklasifikasikan dalam kelas menurut tata guna lahan dan aksesibilitas jalan tersebut dari aktifitas sekitarnya. Hal ini ditetapkan secara kualitatif dari pertimbangan teknik lalu-lintas seperti dibawah ini :

- 1) Komersial (*Com*) yaitu tata guna lahan komersial (misalnya pertokoan, rumah makan, perkantoran) dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
- 2) Pemukiman (*Res*) yaitu tata guna lahan tempat tinggal dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
- 3) Akses terbatas (*RA*) yaitu tanpa jalan masuk atau jalan masuk langsung terbatas (misalnya karena adanya penghalang fisik, jalan sampil, dsb).

c. Kondisi lalu-lintas

Data arus lalu-lintas (kend/jam) yang telah diketahui terlebih dahulu dikonversi menjadi smp/jam. Nilai emp masing-masing jenis kendaraan (MKJI,1997) adalah sebagai berikut :

- 1) Kendaraan berat (Hv) : 1,3
- 2) Kendaraan ringan (Lv) : 1,0
- 3) Sepeda motor : 0,5

2. Kapasitas

Kapasitas total untuk seluruh lengan simpang adalah hasil perkalian antara kapasitas dasar (C_0) yaitu kapasitas pada kondisi tertentu (ideal) dan faktor-faktor penyesuaian (F), dengan memperhitungkan pengaruh kondisi lapangan terhadap kapasitas (MKJI, 1997). Kapasitas simpang tak bersinyal dihitung dengan persamaan berikut :

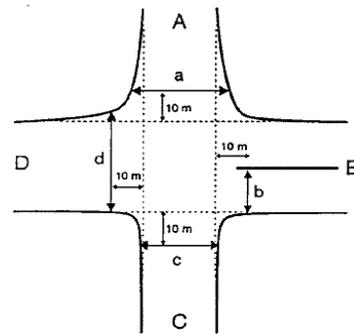
$$C = C_0 \times F_W \times F_M \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \text{ (smp/jam)}$$

dengan :

- C = Kapasitas (smp/jam)
- C_0 = Kapasitas dasar (smp/jam)
- F_W = Faktor penyesuaian lebar masuk
- F_M = Faktor penyesuaian tipe median jalan utama

- F_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota
- F_{RSU} = Faktor penyesuaian hambatan samping
- F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri
- F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan
- F_{MI} = Faktor penyesuaian arus jalan minor

a. Lebar pendekat dan tipe simpang



Gambar 2. Lebar pendekat

$$W_{AC} = (W_A + W_C)/2$$

$$W_{BD} = (W_B + W_D)/2$$

$$W_1 = (W_A + W_C + W_B + W_D)/\text{Jumlah lengan}$$

Tabel 1. Tipe simpang

No	Kode IT	Jumlah lengan simpang	Jumlah lajur jalan minor	Jumlah lajur jalan major
1	322	3	2	2
2	324	3	2	4
3	342	3	4	2
4	422	4	2	2
5	424	4	2	4

Sumber : MKJI (1997)

b. Kapasitas dasar (C_0)

Tabel 2. Kapasitas dasar (C_0)

No	Kode IT	Kapasitas dasar (smp/jam)
1	322	2700
2	342	2900
3	324 atau 344	3200
4	422	2900
5	422 atau 444	3400

Sumber : MKJI (1997)

c. Faktor penyesuaian lebar pendekat (F_w)

- IT 422, $F_w = 0,70 + 0,0866 \times W_1$
- IT 422 atau 444, $F_w = 0,61 + 0,0740 \times W_1$
- IT 322, $F_w = 0,73 + 0,0760 \times W_1$
- IT 324 atau 344, $F_w = 0,62 + 0,0646 \times W_1$

IT 342 $F_w = 0,67 + 0,0698 \times W_1$

d. Faktor penyesuaian median jalan utama (F_M)

Tabel 3. Faktor penyesuaian median jalan utama (F_M)

Uraian	Tipe median	Faktor penyesuaian median
Tidak ada median jalan utama	Tidak ada	1,00
Ada median jalan utama, lebar < 3m	Sempit	1,05
Ada median jalan utama, lebar ≥ 3m	Lebar	1,20

Sumber : MKJI (1997)

e. Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS})

Tabel 4. Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS})

Ukuran kota (cs)	Penduduk (juta)	Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{cs})
Sangat kecil	< 0,1	0,82
Kecil	0,1 - 0,5	0,88
Sedang	0,5 - 1,0	0,94
Besar	1,0 - 3,0	1,00
Sangat besar	> 3,0	1,05

Sumber : MKJI (1997)

f. Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (F_{RSU})

Tabel 5. Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (F_{RSU})

Kelas tipe lingkungan jalan (RE)	Kelas hambatan samping (SF)	Rasio kendaraan tak bermotor (Pum)					
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥ 0,25
Komersial	Tinggi	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	Sedang	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,70
	Rendah	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,71
Pemukiman	Tinggi	0,96	0,91	0,86	0,82	0,77	0,72
	Sedang	0,97	0,92	0,87	0,82	0,77	0,73
	Rendah	0,98	0,93	0,88	0,83	0,78	0,74
Akses terbatas	Tinggi/Sedang/Rendah	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

Sumber : MKJI (1997)

g. Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT})

$$F_{LT} = 0,84 + 1,61 \times P_{LT}$$

dengan :

P_{LT} = Rasio kendaraan belok kiri (Q_{LT}/Q_{TOT})

Q_{LT} = Arus total belok kiri (smp/jam)

Q_{TOT} = Arus kendaraan bermotor total pada persimpangan (smp/jam)

h. Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT})

$$F_{RT} = 1,09 - 0,922 \times P_{RT}$$

dengan :

P_{RT} = Rasio kendaraan belok kanan (Q_{RT}/Q_{TOT})

Q_{RT} = Arus total belok kanan (smp/jam)

Q_{TOT} = Arus kendaraan bermotor total pada persimpangan (smp/jam)

i. Faktor penyesuaian rasio jalan minor (F_{MI})

Tabel 6. Faktor penyesuaian rasio jalan minor (F_{MI})

IT	F_{MI}	P_{MI}
322	$1,9 \times P_{MI}^2 - 1,19 \times P_{MI} + 1,19$	0,1 - 0,5
	$-0,595 \times P_{MI}^2 + 0,595 \times P_{MI}^3 + 0,74$	0,5 - 0,9
342	$1,9 \times P_{MI}^2 - 1,19 \times P_{MI} + 1,19$	0,1 - 0,5
	$2,38 \times P_{MI}^2 - P_{MI} + 1,49$	0,5 - 0,9
324	$16,6 \times P_{MI}^4 - 33,3 \times P_{MI}^3 + 25,3 \times P_{MI}^2 - 8,6 \times P_{MI} + 1,95$	0,1 - 0,3
344	$1,11 \times P_{MI}^2 - 1,11 \times P_{MI} + 1,11$	0,3 - 0,5
	$-0,555 \times P_{MI}^2 + 0,555 \times P_{MI} + 0,69$	0,5 - 0,9

Sumber : MKJI (1997)

dengan :

P_{MI} = Rasio arus jalan minor terhadap arus persimpangan total

Q_{RT} = Arus total belok kanan (smp/jam)

3. Perilaku Lalu Lintas

a. Derajat kejenuhan

$$DS = Q_{TOT} / C$$

Dengan :

DS : Derajat kejenuhan

Q_{TOT} : Arus kendaraan bermotor total (smp/jam)

C : Kapasitas (smp/jam)

b. Tundaan lalu-lintas simpang (DT_1)

$$\text{Untuk } DS \leq 0,6$$

$$DT_1 = 2 + 8,2078 \times DS - (1-DS) \times 2$$

$$\text{Untuk } DS > 0,6$$

$$DT_1 = 1,0504 / (0,2742 - 0,2742 \times DS) - (1-DS) \times 2$$

c. Tundaan lalu-lintas jalan major (DT_{MA})

$$\text{Untuk } DT_{MA} \leq 0,6$$

$$DT_{MA} = 1,8 + 5,8234 \times DS - (1-DS) \times 1,8$$

$$\text{Untuk } DT_{MA} > 0,6$$

$$DT_{MA} = 1,05034 / (0,346 - 0,246 \times DS) - (1-DS) \times 1,8$$

d. Tundaan lalu-lintas jalan minor (DT_{MI})

$$DT_{MI} = Q_{TOT} \times DT_1 - Q_{MA} \times DT_{MA} / Q_{MI}$$

Dengan :

Q_{MA} = Arus total jalan utama/major
(smp/jam)

Q_{MI} = Arus total jalan minor (smp/jam)

e. Tundaan geometrik simpang (DG)

Untuk $DS < 1,0$

$$DG = (1 - DS) \times (P_T \times 6 + (1 - P_T) \times 3) + DS \times 4$$

Untuk $DS \geq 1,0$: $DG = 4$

Dengan :

DG = tundaan geometrik simpang
(det/smp)

DS = derajat kejenuhan

P_T = rasio belok total

f. Tundaan simpang

$$D = DG + DT_1 \text{ (det/smp)}$$

Dengan :

DG = tundaan geometrik simpang
(det/smp)

DT_1 = tundaan lalu lintas simpang

g. Peluang antrian

$$Q_p \text{ \% batas atas} = 47,71 \times DS - 24,68 \times DS^2 + 56,47 \times DS^3$$

$$Q_p \text{ \% batas bawah} = 9,02 \times DS + 20,66 \times DS^2 + 10,49 \times DS^3$$

h. Tingkat pelayanan simpang

1) Tingkat pelayanan A, dengan kondisi tundaan kurang dari 5 detik perkendaraan

2) Tingkat pelayanan B, dengan kondisi tundaan lebih dari 5 detik sampai 15 detik perkendaraan

3) Tingkat pelayanan C, dengan kondisi tundaan antara lebih dari 15 detik sampai 25 detik perkendaraan

4) Tingkat pelayanan D, dengan kondisi tundaan antara lebih dari 25 detik sampai 40 detik perkendaraan

5) Tingkat pelayanan E, dengan kondisi tundaan antara lebih dari 40 detik sampai 60 detik perkendaraan

6) Tingkat pelayanan F, dengan kondisi tundaan antara lebih dari 60 detik perkendaraan.

D. METODE PENELITIAN

1. Data Penelitian

a. Data primer

1) Kondisi geometrik jalan :

- Lebar pendekat jalan major

- Lebar pendekat jalan minor

2) Kondisi lingkungan jalan

Mengamati jenis lingkungan wilayah studi dalam kategori komersial, perumahan atau akses terbatas.

3) Kondisi lalu-lintas

Kondisi lalu-lintas didapat melalui survei pencacahan arus lalu- lintas, atau *traffic counting*. Kondisi lalu-lintas dibagi menjadi 4 (empat) jenis tipe kendaraan yaitu :

- Kendaraan berat (*heavy vehicle*) adalah kendaraan bermotor dengan lebih dari 4 (empat) roda (meliputi : bus, truk 2 as, truk 3 as dan truk kombinasi sesuai sistem Klasifikasi Bina Marga)

- Kendaraan ringan (*light vehicle*) adalah kendaraan bermotor dengan dari 4 (empat) roda dan jarak as 2,0 - 3,0 meter (meliputi mobil pribadi, mikro bus, *pick up*, dan truk kecil sesuai sistem Klasifikasi Bina Marga)

-Sepeda motor (*motor cycle*) meliputi kendaraan bermotor roda 2 (dua) dan roda 3 (tiga) sesuai sistem Klasifikasi Bina Marga

-Kendaraan tak bermotor (*unmotorized*) meliputi sepeda, becak, andong, dll.

b. Data sekunder

1) Data jumlah penduduk Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Tahun 2016 diperoleh dari Badan Pusat Statistik Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

2) Data persentase perpindahan ke moda transportasi Trans Jogja didapatkan dari hasil penelitian yang

sudah dilakukan sebelumnya dengan judul Analisis Perpindahan Moda Dari Kendaraan Pribadi Ke Bus Trans Jogja Menggunakan Analisis Logit Biner (Studi Kasus: Zona Selatan Kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)

2. Tahap Perhitungan dan Analisis Data

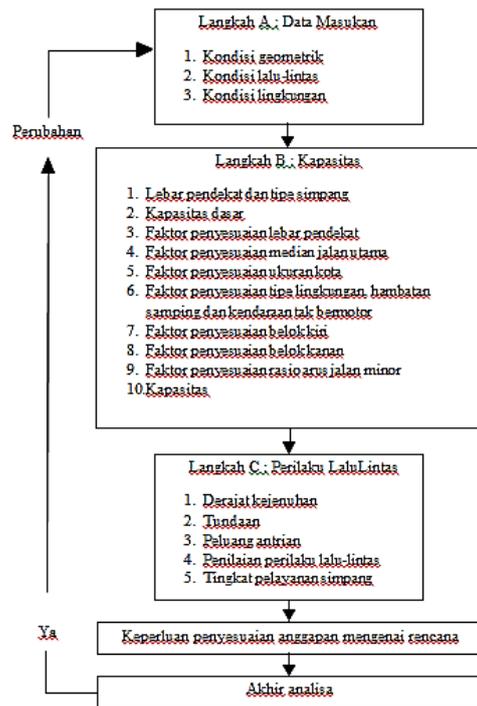
a. Tahapan perhitungan

Tahapan perhitungan dalam penelitian ini mengacu pada metode Manual Kapasitat Jalan Indonesia (MKJI, 1997).

b. Analisis data

Analisis data dihitung secara manual menggunakan *software* Microsoft Excel 2010 dan *software* KAJI. KAJI (Kapasitas Jalan Indonesia) adalah piranti lunak yang digunakan untuk menerapkan metoda perhitungan yang dikembangkan MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) 1997 yang bertujuan menganalisis kapasitas dan kinerja fasilitas lalu-lintas jalan (misalnya ruas jalan, simpang bersinyal, simpang tak bersinyal, dll).

Pencatatan data masukan yang berkaitan dengan geometrik dan arus lalu-lintas dimasukkan ke dalam formulir USIG-I. gambar geometrik simpang dibuat pada bagian kotak termasuk seluruh ukuran yang perlu seperti lebar pendekat dan nama notasi lengan. Gambar yang mencatat seluruh gerakan lalu-lintas dan arus dibuat pada kotak di sebelahnya. Formulir USIG – II diisi dengan hasil analisis yang terdiri dari lebar pendekat dan tipe simpang, kapasitas, perilaku lalu-lintas.



Gambar 3. Bagan alir Analisis Data

E. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Nilai Kapasitas Simpang Kajian Pada Kondisi Eksisting

a. Perhitungan manual

Tabel 6. Kapasitas simpang Jalan Rajawali

Periode	Co	Fw	Fm	Fcs	FRSU	FLT	FRT	Fm	C
06.30 – 07.30	2700	0,930	1,0	0,940	0,924	1,307	1,090	1,041	3230
12.30 – 13.30	2700	0,930	1,0	0,940	0,923	1,726	1,090	0,926	3795
15.30 – 16.30	2700	0,930	1,0	0,940	0,925	1,565	1,090	0,943	3507

Sumber : Hasil Penelitian (2016)

Tabel 7. Kapasitas simpang Jalan Tegal Rejo

Periode	Co	Fw	Fm	Fcs	FRSU	FLT	FRT	Fm	C
06.30 – 07.30	3200	1,0	1,050	0,940	0,924	0,993	1,090	1,555	4910
11.30 – 12.30	3200	1,0	1,050	0,940	0,926	1,127	1,090	1,333	4791
15.30 – 16.30	3200	1,0	1,050	0,940	0,928	1,083	1,090	1,410	4877

Sumber : Hasil Penelitian (2016)

Tabel 8. Kapasitas simpang Gerbang Kampus UMY

Periode	Co	Fw	Fm	Fcs	FRSU	FLT	FRT	Fm	C
06.30 – 07.30	2900	1,003	1,0	0,940	0,989	1,371	1,090	1,156	4670
11.30 – 12.30	2900	1,003	1,0	0,940	0,995	1,594	1,090	0,966	4569
15.30 – 16.30	2900	1,003	1,0	0,940	0,999	1,293	1,090	1,041	4007

Sumber : Hasil Penelitian (2016)

b. Perhitungan menggunakan KAJI

Tabel 9. Kapasitas simpang Jalan Rajawali

Periode	Co	Fw	Fm	Fcs	FRSU	FLT	FRT	FMI	C
06.30 – 07.30	2700	0,930	1,0	0,940	0,924	1,305	1,090	1,042	3233
12.30 – 13.30	2700	0,930	1,0	0,940	0,924	1,721	1,090	0,924	3779
15.30 – 16.30	2700	0,930	1,0	0,940	0,925	1,563	1,090	0,944	3512

Sumber : Hasil Penelitian (2016)

Tabel 10. Kapasitas simpang Jalan Tegal Rejo

Periode	Co	Fw	Fm	Fcs	FRSU	FLT	FRT	FMI	C
06.30 – 07.30	3200	1,0	1,000	0,940	0,924	0,994	1,090	1,500	4515
11.30 – 12.30	3200	1,0	1,000	0,940	0,927	1,128	1,090	1,249	4278
15.30 – 16.30	3200	1,0	1,000	0,940	0,928	1,085	1,090	1,365	4503

Sumber : Hasil Penelitian (2016)

Tabel 11. Kapasitas simpang Gerbang Kampus UMY

Periode	Co	Fw	Fm	Fcs	FRSU	FLT	FRT	FMI	C
06.30 – 07.30	2900	1,003	1,0	0,940	0,989	1,371	1,090	1,159	4684
11.30 – 12.30	2900	1,003	1,0	0,940	0,995	1,592	1,090	0,969	4576
15.30 – 16.30	2900	1,003	1,0	0,940	0,999	1,293	1,090	1,051	4045

Sumber : Hasil Penelitian (2016)

2. Perilaku Lalu Lintas Simpang Kajian Pada Kondisi Eksisting

a. Perhitungan manual

Tabel 12. Perilaku lalu-lintas simpang Jalan Rajawali

Pilihan	Arus lalu-lintas (Q) smp/jam (30)	Derajat kejenuhan (DS) (31)	Tundaan lalu-lintas simpang DT1 (32)	Tundaan Lalu-lintas Jlutama DTMa (33)	Tundaan Lalu-lintas Jlminor DTmi (34)	Tundaan geometrik simpang (DG) (35)	Tundaan simpang (D) (36)	Peluang antrian (OP%) (37)		Sasaran (38)
								Batas atas	Batas bawah	
06.30 - 07.30 (Pagi)	2047	0,634	6,521	4,865	16,127	3,952	10,474	35	17	DS<0,8
12.30 - 13.30 (Siang)	1540	0,406	4,142	3,094	6,267	4,386	8,529	19	8	DS<0,8
15.30 - 16.30 (Sore)	1805	0,515	5,255	3,924	8,429	4,170	9,424	26	12	DS<0,8

Tabel 13. Perilaku lalu-lintas simpang Jalan Tegal Rejo

Waktu	Arus lalu-lintas (Q) smp/jam (30)	Derajat kejenuhan (DS) (31)	Tundaan lalu-lintas simpang DT1 (32)	Tundaan Lalu-lintas Jlutama DTMa (33)	Tundaan Lalu-lintas Jlminor DTmi (34)	Tundaan geometrik simpang (DG) (35)	Tundaan simpang (D) (36)	Peluang antrian (OP%) (37)		Sasaran (38)
								Batas atas	Batas bawah	
06.30 - 07.30 (Pagi)	1587	0,323	3,800	2,465	17,979	3,517	6,817	15	5	DS<0,8
11.30 - 12.30 (Siang)	1297	0,271	2,763	2,063	9,407	3,661	6,424	12	4	DS<0,8
15.30 - 16.30 (Sore)	1774	0,364	3,714	2,773	14,597	3,652	7,366	17	7	DS<0,8

Tabel 14. Perilaku lalu-lintas simpang Gerbang Kampus UMY

Waktu	Arus lalu-lintas (Q) smp/jam (30)	Derajat kejenuhan (DS) (31)	Tundaan lalu-lintas simpang DT1 (32)	Tundaan Lalu-lintas Jlutama DTMa (33)	Tundaan Lalu-lintas Jlminor DTmi (34)	Tundaan geometrik simpang (DG) (35)	Tundaan simpang (D) (36)	Peluang antrian (OP%) (37)		Sasaran (38)
								Batas atas	Batas bawah	
06.30 - 07.30 (Pagi)	1519	0,325	3,320	2,479	30,843	3,993	7,313	15	5	DS<0,8
11.30 - 12.30 (Siang)	954	0,209	2,132	1,592	3,743	4,321	6,453	9	3	DS<0,8
15.30 - 16.30 (Sore)	1223	0,305	3,116	2,327	7,692	3,892	7,007	14	5	DS<0,8

b. Perhitungan menggunakan KAJI

Tabel 15. Perilaku lalu-lintas simpang Jalan Rajawali

Periode	Q	DS	DT1	DTMa	DTmi	DG	D	QP Atas	QP Bawah
06.30 – 07.30	2048	0,633	6,520	5,540	12,19	3,950	10,470	35 %	17 %
12.30 – 13.30	1540	0,408	4,160	4,180	4,120	4,380	8,540	19 %	8 %
15.30 – 16.30	1807	0,515	5,250	4,800	6,330	4,170	9,420	26 %	12 %

Sumber : Hasil Penelitian (2016)

Tabel 16. Perilaku lalu-lintas simpang Jalan Tegal Rejo

Periode	Q	DS	DT1	DTMa	DTmi	DG	D	QP Atas	QP Bawah
06.30 – 07.30	1588	0,352	3,590	3,850	-0,98	3,540	7,130	16 %	6 %
11.30 – 12.30	1297	0,303	3,090	3,570	-1,39	3,680	6,770	14 %	5 %
15.30 – 16.30	1777	0,395	4,030	4,100	3,180	3,670	7,700	18 %	7 %

Sumber : Hasil Penelitian (2016)

Tabel 17. Perilaku lalu-lintas simpang Gerbang Kampus UMY

Periode	Q	DS	DT1	DTMa	DTmi	DG	D	QP Atas	QP Bawah
06.30 – 07.30	1519	0,324	3,310	3,690	-9,18	3,990	7,300	15 %	5 %
11.30 – 12.30	951	0,208	2,120	3,010	-0,58	4,320	6,440	9 %	3 %
15.30 – 16.30	1223	0,302	3,090	3,560	0,30	3,890	6,980	14 %	5 %

Sumber : Hasil Penelitian (2016)

3. Kinerja Simpang Kajian Setelah Adanya Shelter

a. Data perpindahan moda

Dari penelitian yang dilakukan sebelumnya, didapatkan hasil persentase perpindahan moda seperti pada Tabel 18 dan Tabel 19 berikut :

Tabel 18. Data persentase perpindahan sepeda motor

No	Area Parkir	Kendaraan berpindah
1	Zona 1	80 %
2	Zona 2	90 %
3	Zona 3	80,95 %
4	Total	83,65 %

Sumber : Hasil Penelitian Putri Hamidah Noerdella Sari (2016)

Tabel 19. Data persentase perpindahan mobil pribadi

No	Area Parkir	Kendaraan berpindah (%)
1	Zona 1	100 %
2	Zona 2	62,5 %
3	Zona 3	60 %
4	Total	74,17 %

Sumber : Hasil Penelitian Putri Hamidah Noerdella Sari

Untuk pembagian persentase penurunan jumlah sepeda motor dan mobil pribadi pada simpang Jalan Rajawali, simpang Jalan Tegal Rejo dan simpang Gerbang Kampus UMY diasumsikan seperti pada Tabel 20 berikut.

Tabel 20. Asumsi pembagian persentase penurunan sepeda motor dan mobil pribadi pada setiap simpang kajian

Simpang kajian	Sepeda motor 83,65 %		Mobil pribadi 74,17%	
	Asumsi kendaraan mengarah ke simpang Jalan Rajawali	30 %	25,095 %	30 %
Asumsi kendaraan mengarah ke simpang Jalan Tegal Rejo	12 %	10,038 %	10 %	7,417 %
Asumsi kendaraan mengarah ke simpang Gerbang Kampus UMY	30 %	25,095 %	50 %	37,085 %
Asumsi kendaraan mengarah ke belakang kampus	28 %	23,422 %	10 %	7,417 %
Total	100 %	83,65 %	100 %	74,17 %

Sumber : Hasil Penelitian (2016)

b. Kapasitas

Tabel 21. Kapasitas simpang Jalan Rajawali

Periode	Co	Fw	Fm	Fcs	FRSU	FLT	FRT	Fm	C
06.30 – 07.30	2700	0,930	1,0	0,940	0,923	1,217	1,090	1,065	3078
12.30 – 13.30	2700	0,930	1,0	0,940	0,922	1,608	1,090	0,946	3606
15.30 – 16.30	2700	0,930	1,0	0,940	0,924	1,452	1,090	0,967	3336

Sumber : Hasil Penelitian (2016)

Tabel 22. Kapasitas simpang Jalan Tegal Rejo

Periode	Co	Fw	Fm	Fcs	FRSU	FLT	FRT	Fm	C
06.30 – 07.30	3200	1,000	1,05	0,940	0,923	0,980	1,090	1,585	4935
11.30 – 12.30	3200	1,000	1,05	0,940	0,926	1,104	1,090	1,369	4821
15.30 – 16.30	3200	1,000	1,05	0,940	0,928	1,064	1,090	1,443	4902

Sumber : Hasil Penelitian (2016)

Tabel 23. Kapasitas Gerbang Kampus UMY

Periode	Co	Fw	Fm	Fcs	FRSU	FLT	FRT	Fm	C
06.30 – 07.30	2900	1,003	1,0	0,940	0,987	1,263	1,090	1,163	4324
11.30 – 12.30	2900	1,003	1,0	0,940	0,994	1,470	1,090	0,992	4321
15.30 – 16.30	2900	1,003	1,0	0,940	0,999	1,196	1,090	1,069	3807

Sumber : Hasil Penelitian (2016)

c. Perilaku lalu-lintas

Tabel 24. Perilaku lalu-lintas simpang Jalan Rajawali

Periode	Q	DS	DTI	DTMA	DTMI	DG	D	QP Atas	QP Bawah
06.30 – 07.30	1901	0,618	6,332	4,725	18,202	3,887	10,218	33 %	16 %
12.30 – 13.30	1332	0,370	3,772	2,817	6,127	4,272	8,044	17 %	7 %
15.30 – 16.30	1605	0,481	4,910	3,667	8,635	4,073	8,983	24 %	10 %

Sumber : Hasil Penelitian (2016)

Tabel 25. Perilaku lalu-lintas simpang Jalan Tegal Rejo

Periode	Q	DS	DTI	DTMA	DTMI	DG	D	QP Atas	QP Bawah
06.30 – 07.30	1573	0,319	3,254	2,430	19,190	3,497	6,750	15 %	5 %
11.30 – 12.30	1274	0,264	2,698	2,015	9,816	3,627	6,325	12 %	4 %
15.30 – 16.30	1749	0,357	3,643	2,720	15,315	3,625	7,268	16 %	6 %

Sumber : Hasil Penelitian (2016)

Tabel 26. Perilaku lalu-lintas simpang Gerbang Kampus UMY

Periode	Q	DS	DTI	DTMA	DTMI	DG	D	QP Atas	QP Bawah
06.30 – 07.30	1380	0,319	3,258	2,434	37,989	3,856	7,114	15 %	5 %
11.30 – 12.30	833	0,193	1,969	1,470	3,831	4,140	6,109	9 %	3 %
15.30 – 16.30	1129	0,296	3,026	2,260	8,926	3,764	6,790	13 %	5 %

Sumber : Hasil Penelitian (2016)

F. KESIMPULAN

1. Pada Kondisi Eksisting

a. Kapasitas (C)

Kapasitas simpang terbesar berdasarkan hasil perhitungan manual dan menggunakan *software* KAJI yaitu untuk simpang Rajawali sebesar 3795 smp/jam, simpang jalan Tegal Rejo sebesar 4910 smp/jam, dan simpang Gerbang Kampus UMY sebesar 4684 smp/jam.

b. Derajat kejenuhan (DS)

Nilai derajat kejenuhan tertinggi berdasarkan hasil perhitungan manual dan menggunakan *software* KAJI yaitu untuk simpang Jalan Rajawali terjadi pada periode 06.30 – 07.30 sebesar 0,634, simpang Jalan Tegal Rejo terjadi pada periode 15.30 – 16.30 sebesar 0,364, dan simpang Gerbang Kampus UMY terjadi pada periode 06.30 – 07.30 sebesar 0,325.

c. Tundaan

1) tundaan lalu-lintas simpang tertinggi berdasarkan hasil perhitungan manual dan menggunakan *software* KAJI yaitu untuk simpang Jalan Rajawali terjadi pada periode 06.30 – 07.30 selama 6,521 detik/smp, simpang Jalan Tegal Rejo terjadi pada periode 15.30 – 16.30 selama 3,714 detik/smp, dan simpang Gerbang Kampus UMY terjadi pada periode 06.30 – 07.30 selama 3,320 detik/smp.

2) tundaan lalu-lintas jalan utama/major tertinggi berdasarkan hasil perhitungan manual dan menggunakan *software* KAJI yaitu untuk simpang Jalan Rajawali terjadi pada periode 06.30 – 07.30 selama 5,540 detik/smp, simpang Jalan Tegal Rejo terjadi pada periode 15.30 – 16.30 selama 2,773 detik/smp, dan simpang Gerbang Kampus UMY terjadi pada periode 06.30 – 07.30 selama 3,690 detik/smp.

3) tundaan lalu-lintas jalan minor tertinggi berdasarkan hasil perhitungan manual dan menggunakan *software* KAJI yaitu untuk simpang Jalan Rajawali terjadi pada periode 06.30 – 07.30 selama 16,127 detik/smp, simpang Jalan Tegal Rejo terjadi pada periode 06.30 – 07.30 selama 17,979 detik/smp, dan simpang Gerbang Kampus UMY terjadi pada periode 06.30 – 07.30 selama 30,843 detik/smp.

4) tundaan geometrik simpang tertinggi berdasarkan hasil perhitungan manual dan menggunakan *software* KAJI yaitu untuk simpang Jalan Rajawali terjadi pada periode 12.30 – 13.30 selama 4,386 detik/smp, simpang Jalan Tegal Rejo terjadi pada periode 11.30 – 12.30 selama 3,661 detik/smp, dan simpang Gerbang Kampus UMY terjadi pada periode 11.30 – 12.30 selama 4,321 detik/smp.

5) tundaan simpang tertinggi berdasarkan hasil perhitungan manual dan menggunakan *software* KAJI yaitu untuk simpang Jalan Rajawali terjadi pada periode 06.30 – 07.30 selama

10,47 detik/smp, simpang Jalan Tegal Rejo terjadi pada periode 15.30 – 16.30 selama 7,366 detik/smp, dan simpang Gerbang Kampus UMY terjadi pada periode 06.30 – 07.30 selama 7,313 detik/smp.

6) Peluang antrian

Peluang antrian tertinggi berdasarkan hasil perhitungan manual dan menggunakan *software* KAJI yaitu untuk simpang Jalan Rajawali terjadi pada periode 06.30 – 07.30 dengan batas bawah 17 % dan batas atas 35 %, simpang Jalan Tegal Rejo terjadi pada periode 15.30 – 16.30 dengan batas bawah 7 % dan batas atas 17 %, dan simpang Gerbang Kampus UMY terjadi pada periode 06.30 – 07.30 dengan batas bawah 5 % dan batas atas 15 %

7) Penilaian perilaku lalu-lintas

Pada simpang Jalan Rajawali hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas simpang (C) terbesar 3795 smp/jam, melebihi kapasitas dasar simpang (Co) sebesar 2700 smp/jam. Sedangkan nilai derajat kejenuhan (DS) yang tertinggi yakni sebesar 0,634.

Pada simpang Jalan Tegal Rejo hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas simpang (C) terbesar 4910 smp/jam, melebihi kapasitas dasar simpang (Co) sebesar 3200 smp/jam. Sedangkan nilai derajat kejenuhan (DS) tertinggi yakni sebesar 0,364.

Pada simpang Gerbang Kampus UMY hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas simpang (C) terbesar 4684 smp/jam, melebihi kapasitas dasar simpang (Co) sebesar 2900 smp/jam. Sedangkan nilai derajat kejenuhan (DS) tertinggi yakni sebesar 0,325.

Dari hasil analisis untuk ketiga simpang kajian tersebut memiliki nilai derajat kejenuhan (DS) masih lebih rendah dari batas maksimum yang diijinkan secara empiris dalam MKJI (1997) sebesar 0,80. Oleh karena itu tidak diperlukan alternatif solusi penanganan simpang lebih lanjut

karena kinerja ketiga simpang kajian tersebut masih di dalam batas normal.

d. Tingkat pelayanan simpang

Hasil analisis tundaan pada simpang Jalan Rajawali, simpang Jalan Tegal Rejo dan Simpang Gerbang Kampus UMY menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda bahwa rata-rata nilai tundaan berkisar antara 5 sampai 15 detik/smp, yang berarti menunjukkan tingkat pelayanan pada simpang Jalan Rajawali, simpang Jalan Tegal Rejo dan Simpang Gerbang Kampus UMY masuk kedalam kategori tingkat pelayanan 'B'.

Hasil analisis perhitungan yang dilakukan secara manual dan yang menggunakan *software* KAJI tidak banyak menghasilkan perbedaan. Secara hasil rata-rata nilai tertinggi di ambil dari hasil perhitungan manual.

2. Pengaruh Terhadap Pengadaan Shelter Trans Jogja

a. Kapasitas

Kapasitas simpang untuk simpang Rajawali sebesar 3606 smp/jam, simpang jalan Tegal Rejo sebesar 4935 smp/jam, dan simpang Gerbang Kampus UMY sebesar 4324 smp/jam.

b. Derajat kejenuhan

Nilai derajat kejenuhan tertinggi untuk simpang Jalan Rajawali terjadi pada periode 06.30 – 07.30 sebesar 0,618, simpang Jalan Tegal Rejo terjadi pada periode 15.30 – 16.30 sebesar 0,357, dan simpang Gerbang Kampus UMY terjadi pada periode 06.30 – 07.30 sebesar 0,319.

c. Tundaan

1) tundaan lalu-lintas simpang tertinggi untuk simpang Jalan Rajawali terjadi pada periode 06.30 – 07.30 selama 6,332 detik/smp, simpang Jalan Tegal Rejo terjadi pada periode 15.30 – 16.30 selama 3,357 detik/smp, dan simpang Gerbang Kampus UMY terjadi

pada periode 06.30 – 07.30 selama 3,319 detik/smp.

2) tundaan lalu-lintas jalan utama/major tertinggi untuk simpang Jalan Rajawali terjadi pada periode 06.30 – 07.30 selama 4,725 detik/smp, simpang Jalan Tegal Rejo terjadi pada periode 15.30 – 16.30 selama 2,720 detik/smp, dan simpang Gerbang Kampus UMY terjadi pada periode 06.30 – 07.30 selama 2,434 detik/smp.

3) tundaan lalu-lintas jalan minor tertinggi untuk simpang Jalan Rajawali terjadi pada periode 06.30 – 07.30 selama 18,202 detik/smp, simpang Jalan Tegal Rejo terjadi pada periode 06.30 – 07.30 selama 19,190 detik/smp, dan simpang Gerbang Kampus UMY terjadi pada periode 06.30 – 07.30 selama 37,989 detik/smp.

4) tundaan geometrik simpang tertinggi untuk simpang Jalan Rajawali terjadi pada periode 12.30 – 13.30 selama 4,272 detik/smp, simpang Jalan Tegal Rejo terjadi pada periode 11.30 – 12.30 selama 3,627 detik/smp, dan simpang Gerbang Kampus UMY terjadi pada periode 11.30 – 12.30 selama 4,140 detik/smp.

5) tundaan simpang tertinggi untuk simpang Jalan Rajawali terjadi pada periode 06.30 – 07.30 selama 10,218 detik/smp, simpang Jalan Tegal Rejo terjadi pada periode 15.30 – 16.30 selama 7,268 detik/smp, dan simpang Gerbang Kampus UMY terjadi pada periode 06.30 – 07.30 selama 7,114 detik/smp.

6) Peluang antrian

Peluang antrian tertinggi untuk simpang Jalan Rajawali terjadi pada periode 06.30 – 07.30 dengan batas bawah 16 % dan batas atas 33 %, simpang Jalan Tegal Rejo terjadi pada periode 15.30 – 16.30 dengan batas bawah 6 % dan batas atas 16 %, dan simpang Gerbang Kampus UMY terjadi pada periode 06.30 – 07.30 dengan batas bawah 5 % dan batas atas 15 %

G. SARAN

Berdasarkan hasil analisis penelitian, untuk penelitian sejenis pada masa mendatang peneliti menyarankan untuk :

1. Dalam analisis perhitungannya lebih baik menggunakan 2(dua) cara seperti yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu perhitungan secara manual dan menggunakan *software* KAJI agar bisa saling membandingkan hasil analisis dari 2 (dua) cara tersebut.
2. Memperbaharui metode, *software* dan peraturan yang berhubungan dengan analisis jika tersedia.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1992). Manual Kapasitas Jalan Indonesia. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga
- Anonim. (2004). Pencacahan Arus Lalu Lintas Dengan Cara Manual. Jakarta: Departemen Pemukiman Dan Prasarana Wilayah.
- Juniardi. (2006). Analisis Arus Lalu Lintas Di Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus : Simpang Timoho dan Simpang Tunjung di Kota Yogyakarta) Semarang: Universitas Diponegoro.
- Nuryadin. (2013). Analisis Simpang Tak Bersinyal 3 Lengan (Studi Kasus : Jalan Wates Km.3 – Jalan Tino Sidin, Yogyakarta) Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Putri (2016). Analisis Perpindahan Moda Dari Kendaraan Pribadi Ke Bus Trans Jogja Menggunakan Analisis Logit Biner (Studi Kasus: Zona Selatan Kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta) Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Tamin, O.Z. (2008). Perencanaan dan Pemodelan Transportasi. Bandung: Institut Teknologi Bandung.