

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pergerakan arus lalu lintas sering kali mengalami ketidakteraturan baik dari komposisi maupun distribusi lalu lintasnya, timbul bila volume lalu lintas mendekati kapasitas jaringan jalan sebagai akibat ketidakseimbangan antara penyediaan (*supply*) jaringan jalan dengan permintaan (*demand*). Hal ini sering terjadi di berbagai ruas jalan, salah satunya adalah pada persimpangan jalan.

Pengaturan arus lalu lintas di persimpangan jalan merupakan hal yang paling kritis dalam pergerakan arus lalu lintas, karena berfungsi untuk mengurangi adanya konflik berbagai arah. Hal ini disebabkan oleh banyaknya kendaraan di berbagai ruas jalan yang memasuki dan meninggalkan persimpangan tersebut, sehingga persimpangan harus mampu beroperasi secara maksimum agar transportasi menjadi efektif dan efisien.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

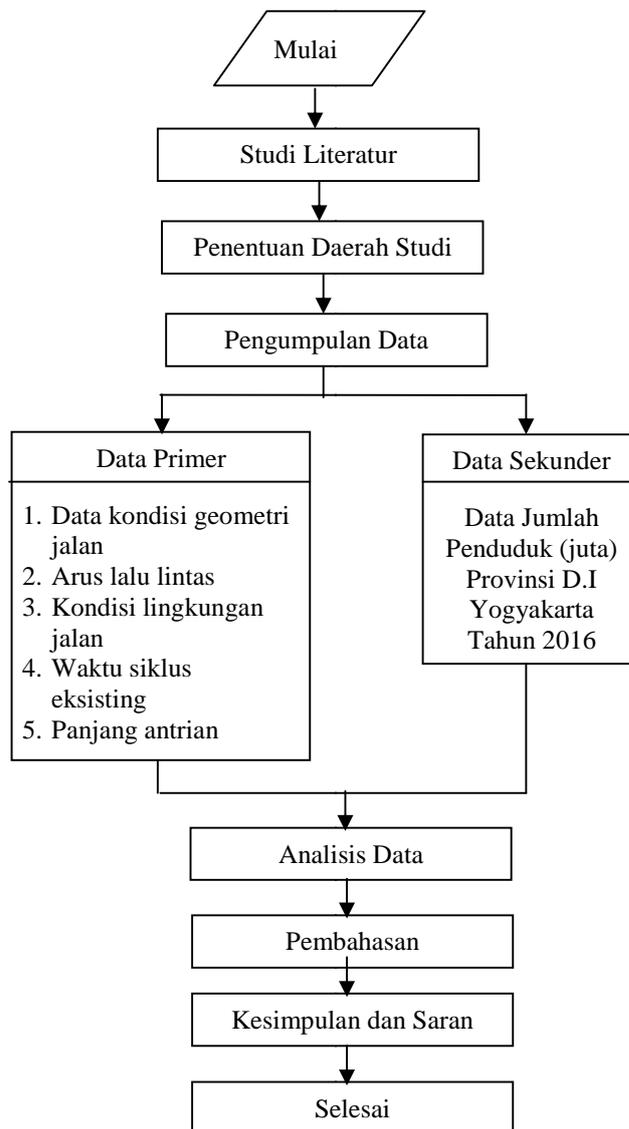
1. Mengetahui factor-faktor yang mempengaruhi kinerja simpang bersinyal di jalan perkotaan Yogyakarta khususnya simpang Pingit Yogyakarta.
2. Mengevaluasi kinerja simpang bersinyal Pingit Yogyakarta.
3. Memberikan alternatif solusi yang berupa rekomendasi terbaik untuk menyelesaikan masalah terkait yang ada pada simpang bersinyal Pingit Yogyakarta.

2. METODE PENELITIAN

Bagan Alir Penelitian

Tahapan penelitian secara sistematis dalam bentuk

diagram alir dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Lokasi Penelitian

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



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Pengumpulan Data Primer

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

Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder diperoleh dari instansi terkait dengan perencanaan suatu simpang. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah jumlah penduduk dari Badan Pusat Statistik (BPS) provinsi D.I.Yogyakarta tahun 2016.

Proses Analisis Data

1. Perhitungan arus lalu lintas

Dalam perhitungan arus lalu lintas dilakukan per satuan jam dalam satu atau lebih periode yaitu sesuai dengan kondisi lalu lintas yang ada berdasarkan pada arus lalu lintas rencana pada jam puncak pagi, siang, dan sore.

$$Q = [(Q_{LV} \times emp_{LV}) + (Q_{HV} \times emp_{HV}) + (Q_{MC} + em_{MC})]$$

(1)

Dimana:

Q = Arus kendaraan total

Q_{LV} , Q_{HV} , Q_{MC} = Arus kendaraan untuk masing-masing tipe

emp_{LV} , emp_{HV} , emp_{MC} = Nilai emp untuk tiap-tiap kendaraan

Tabel 1. Klasifikasi kendaraan

No	Klasifikasi	Jenis Kendaraan
1	<i>Light Vehicle (LV)</i>	Sedan, jeep, oplet, microbus, pick up
2	<i>Heavy Vehicle (HV)</i>	Bus standar, bus besar, truk sedang, truk berat
3	<i>Motor Cycle (MC)</i>	Sepeda motor dan sejenisnya
4	<i>Unmotorised Vehicle (UM)</i>	Becak, sepeda, andong, dan sejenisnya

Sumber : MKJI, 1995

Tabel 2. Nilai ekivalen mobil penumpang (emp)

Jenis Kendaraan	emp untuk tiap-tiap tipe kendaraan	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda Motor (MC)	0,2	0,4

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997

2. Perhitungan penilaian arus jenuh (S)

Yang dimaksud dengan arus jenuh adalah hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S_0) untuk keadaan ideal dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dalam satuan smp/jam hijau. Perhitungan ini dapat menggunakan rumus dibawah ini :

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (2)$$

dengan :

- S_0 = arus jenuh dasar
 F_{CS} = faktor koreksi ukuran kota
 F_{SF} = faktor koreksi gangguan samping
 F_G = faktor koreksi kelandaian
 F_P = faktor koreksi parkir
 F_{RT} = faktor koreksi belok kanan
 F_{LT} = faktor koreksi belok kiri

3. Perhitungan waktu siklus dan waktu hijau

Waktu siklus sebelum penyesuaian (C_{ua}) adalah waktu untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal. Penentuan waktu sinyal untuk keadaan dengan kendali waktu tetap dilakukan berdasarkan metode Webster (1996) untuk meminimumkan tundaan total pada suatu simpang. Pertama-tama ditentukan waktu siklus (c), selanjutnya waktu hijau (g), pada masing-masing fase.

Penentuan waktu siklus dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_{ua} = \frac{(1,5 \times LTI + 5)}{(1 - IFR)} \quad (3)$$

dengan :

- C_{ua} = waktu siklus sinyal (detik)
 LTI = total waktu hilang persiklus (detik)
 IFR = perbandingan arus simpang FR_{CRIT}

Penentuan waktu hijau dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$g_i = (C_{ua} - LTI) \times PR_i \quad (4)$$

dengan :

- g_i = waktu hijau dalam fase - i (detik)
 PR_i = perbandingan fase $FR_{CRIT} \div (FR_{CRIT})$

Penentuan Waktu siklus yang disesuaikan:

$$C = g + LTI \quad (5)$$

4. Perhitungan kapasitas

Kapasitas adalah jumlah maksimum arus kendaraan yang dapat melewati persimpangan jalan (*intersectiaon*). Kapasitas untuk tiap lengan simpang dihitung dengan formula dibawah ini:

$$C = S \times g/c \quad (6)$$

dengan:

- C = kapasitas (smp/jam)
 S = arus jenuh (smp/jam)
 g = waktu hijau (detik)
 c = waktu siklus yang ditentukan (detik)

5. Perhitungs derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) dedefinisikan sebagai rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas, yang digunakan sebagai faktor utama dalam menentukan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai DS menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

Dari perhitungan kapasitas dapat dicari nilai derajat jenuh dengan rumus dibawah ini:

$$DS = Q/C \quad (7)$$

dengan :

- DS = derajat jenuh
 Q = arus lalulintas (smp/jam)
 C = kapasitas (smp/jam)

6. Perhitungan panjang antrian

Dalam MKJI 1997, antrian yang terjadi pada suatu pendekat adalah jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ) yang merupakan jumlah antrian tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ_1).

Untuk $DS > 0,5$

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \quad (8)$$

Untuk $DS \leq 0,5$ atau $DS = 0,5$; $NQ_1 = 0$

dengan:

- NQ_1 = jumlah smp yang tesisa dari fase hijau sebelumnya
- DS = derajat jenuh
- GR = rasio hijau
- C = kapasitas (smp/jam) = S x GR

Kemudian dihitung jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2), dengan formula berikut.

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times ds} \times \frac{Q}{3600} \tag{9}$$

dengan:

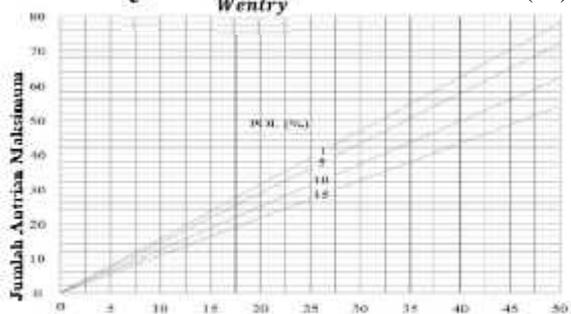
- NQ_2 = jumlah smp yang datang selama fase merah
- Q = volume lalulintas yang masuk di luar LTOR (smp/detik)
- C = waktu siklus (detik)
- DS = derajat jenuh
- GR = rasio hijau (detik)

Untuk menghitung jumlah antrian total dengan menjumlahkan kedua hasil diatas.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \tag{10}$$

Perhitungan panjang antrian (QL) didapat dari perkalian antara NQ_{MAX} dengan rata-rata area yang ditempati tiap smp (20 m²) dan dibagi lebar entry (W_{ENTRY}) yang dirumuskan dibawah ini.

$$QL = \frac{NQ_{max} \times 20}{W_{entry}} \tag{11}$$



Gambar 3. Perhitungan Jumlah Antrian (NQ_{max}) dalam smp

(Sumber : (MKJI), 1997)

7. Perhitungan tundaan

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa melalui simpang. Perhitungan tundaan berdasarkan MKJI (1997) dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut:

- a. Perhitungan tundaan lalu lintas rata-rata setiap pendekat (DT) akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan lainnya pada simpang dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{c} \tag{12}$$

dengan :

- DT = tundaan lalulintas rata-rata (det/smp)
- c = waktu siklus yang disesuaikan (det)

$$A = \frac{0.5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times ds)} \tag{13}$$

dengan :

- GR = rasio hijau (g/c)
- Ds = derajat jenuh
- NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya
- C = kapasitas (smp/jam)

- b. Tundaan geometri rata-rata masing-masing approach (DG) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan atau dihentikan oleh lampu lalulintas dihitung berdasarkan formula berikut.

$$DG = (1 - sv) \times T \times 6 + (sv \times 4) \tag{14}$$

dengan :

- DG_j = tundaan geometri rata-rata untuk approach j (detik/smp)
- sv = rasio kendaraan terhenti pada approach = min

T = rasio kendaraan berbelok pada *approach*

Tundaan rata-rata (det/smp) adalah penjumlahan dari tundaan lalulintas rata-rata dan tundaan geometri rata-rata. Sehingga didapatkan tundaan rata-rata melalui persamaan sebagai berikut:

$$(D = DT + DG) \quad (15)$$

- c. Tundaan total (smp.det) adalah perkalian antara tundaan rata-rata dengan arus lalulintas ($D \times Q$)
- d. Perhitungan tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (D_1) yaitu dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total dalam detik dengan mengalihkan tundaan rata-rata.

$$D_1 = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{tot}} \text{ (det/jam) } \quad (16)$$

Untuk mengetahui tingkat pelayanan suatu simpang dapat disimpulkan dari besarnya nilai tundaan yang terjadi. Dalam hal ini dapat dilihat sesuai dengan Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 4. Tingkat pelayanan berdasarkan Tundaan (D)

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 : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), 1997*

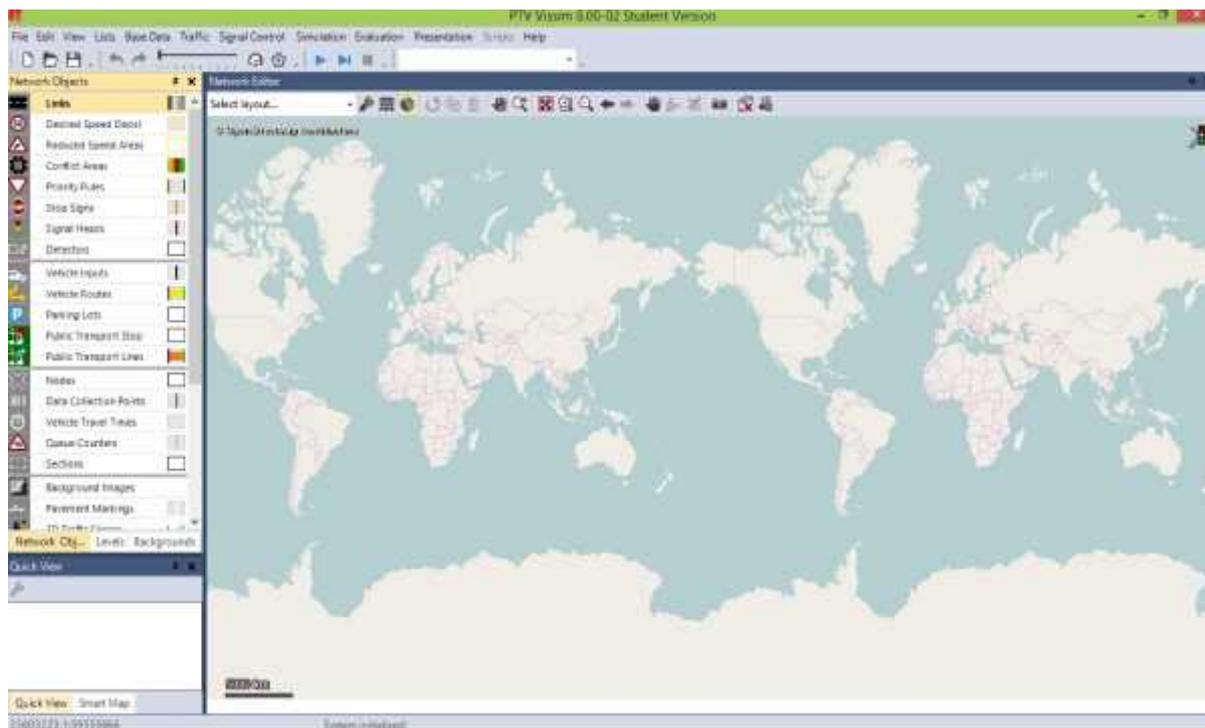
Program Komputer VISSIM

1. Definisi VISSIM 8

Menurut PTV-AG (2013), VISSIM adalah multi-moda lalu lintas perangkat lunak aliran mikroskopis simulasi. Hal ini dikembangkan oleh PTV (*Planung Transportasi Verkehr AG*) di Karlsruhe, Jerman. Nama ini berasal dari "*Verkehr Städten - SIMulationsmodell*" (bahasa Jerman untuk "Lalu lintas di kota - model simulasi"). VISSIM dimulai pada tahun 1992 dan saat ini pemimpin pasar global. VISSIM model simulasi telah dipilih untuk mengkalibrasi kondisi lalu lintas.

2. Kemampuan VISSIM 8

Menurut PTV-AG (2013), VISSIM menyediakan kemampuan animasi dengan perangkat tambahan besar dalam 3-D. Simulasi jenis kendaraan (yaitu dari motor, mobil penumpang, truk, kereta api ringan dan kereta api berat). Selain itu, klip video dapat direkam dalam program, dengan kemampuan untuk secara dinamis mengubah pandangan dan perspektif. Elemen visual lainnya, seperti pohon, bangunan, fasilitas transit dan rambu lalu lintas, dapat dimasukkan ke dalam animasi 3-D.



Gambar 4. Dekstop Pada Software VISSIM

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil survei kondisi lingkungan, geometrik persimpangan dan pengaturan waktu sinyal dilakukan dengan pengamatan langsung di lokasi penelitian sebagai data masukan dapat dilihat pada Tabel 5, 6 dan 7.

Tabel 5. Kondisi lingkungan

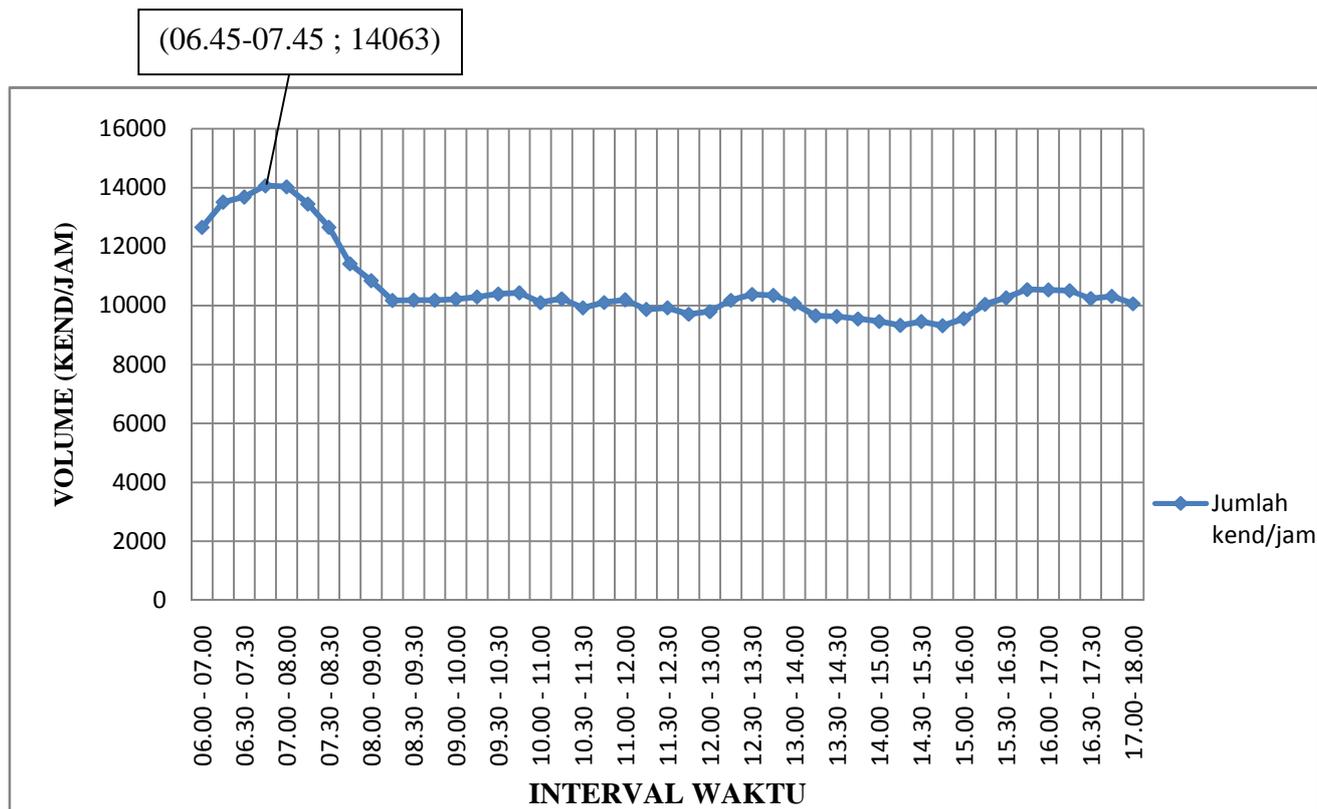
Nama Jalan	Kondisi Lingkungan	Hambatan Samping	Median	LTOR
(U) Jl.Magelang	Komersial	Tinggi	Ya	Ya
(S) Jl.Tentara Pelajar	Komersial	Tinggi	Ya	Tidak
(B) Jl. Kyai Mojo	Komersial	Tinggi	Ya	Ya
(T) Jl.P.Dipenogoro	Komersial	Tinggi	Ya	Ya

Tabel 6. Geometrik simpang

Nama Jalan	Pendekat (m)			
	Lebar Pendekat	Lebar Masuk	Lebar Keluar	Lebar RTOR
(U) Jl.Magelang	8,20	4,40	5,60	3,80
(S) Jl.Tentara Pelajar	5,50	5,50	5,23	
(B) Jl. Kyai Mojo	7,00	3,50	8,10	3,50
(T) Jl.P.Dipenogoro	7,60	4,60	7,07	3,00

Tabel 7. Pengaturan waktu sinyal

Sinyal	Arah	Tipe Pendekat	Waktu (detik)			
			M	H	K	A
Fase 1	Utara	Terlindung	206	76	3	4
Fase 2	Timur	Terlindung	217	65	3	4
Fase 3	Selatan	Terlindung	222	60	3	4
Fase 4	Barat	Terlindung	222	60	3	4
Waktu Siklus (detik)			289			



Gambar 5. Grafik lalu lintas wilayah penelitian

Berdasarkan hasil survei volume lalu lintas pada jam puncak di wilayah penelitian adalah seperti yang ditampilkan Tabel 8.

Agar dapat dihitung menggunakan persamaan yang ada pada MKJI (1997) hasil survei harus diekivalensi dari kendaraan/jam menjadi smp/jam dengan menggunakan Tabel 2.

Tabel 8 Data arus lalu lintas wilayah penelitian

Interval	Lengan	HV	LV	MC	UM
06.45-07.45	A ke B (KIRI)	1	85	275	1
	A ke C (LURUS)	3	306	1519	11
	A ke D (KANAN)	9	194	1072	5
	B ke C (KIRI)	4	109	659	7
	B ke D (LURUS)	2	444	1413	19
	B ke A (KANAN)	8	86	263	4
	C ke D (KIRI)	9	28	80	12
	C ke A (LURUS)	5	156	435	8
	C ke B (KANAN)	13	92	890	16
	D ke A (KIRI)	6	430	3686	9
	D ke B (LURUS)	0	175	1362	27
	D ke C (KANAN)	0	16	109	0

Analisis Data Kondisi Eksisting

1. Kapasitas

Tabel 10. Kapasitas simpang

Interval	Arah	Arus Jenuh (S)	Waktu Hijau (g)	Waktu Siklus	Kapasitas
		Smp/jam	Detik	Detik	Smp/jam
06.45 s/d	U	5198,09	76	289	1367
	S	3653,42	60		758
07.45	T	4453,31	65		1002
	B	3823,33	60		794

2. Derajat Kejenuhan

Tabel 11. Derajat kejenuhan

Interval	Arah	Arus lalu lintas	Kapasitas Smp/jam	Derajat Kejenuhan
06.45 s/d	U	1175	1367	0,860
	S	592	758	0,781
07.45	T	1001	1002	1,00
	B	485	794	0,611

3. Panjang Antrian

Tabel 12. Panjang antrian

Interval	Arah	NQ ₁	NQ ₂	NQ Total	NQ Max	QL
06.45 s/d	U	2,50	89,84	92,33	70	171
	S	1,26	44,95	46,21	62	225
07.45	T	15,72	80,36	96,08	70	184
	B	0,29	35,35	35,64	44	126

4. Tundaan

Tabel 13. Tundaan kendaraan

Interval	Arah	Tundaan			Tundaan rata-rata
		DT	DG	D	
06.45 s/d	U	107,997	3,787	111,784	88,65
	S	114,257	3,937	118,194	
07.45	T	168,473	4,249	172,722	
	B	105,211	3,318	108,529	

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada kondisi eksisting nilai derajat kejenuhan tinggi (DS 0,85), untuk mengurangi derajat kejenuhan, tundaan, dan meningkatkan tingkat pelayanan maka dibutuhkan beberapa alternatif :

Alternatif I (Perancangan Ulang (VJP))

Pada percobaan alternatif I Perancangan Ulang Volume Jam Puncak (VJP) nilai Waktu Hijau (g) dan Waktu siklus yang disesuaikan (c) tidak menggunakan nilai pada kondisi eksisting akan tetapi dengan menggunakan persamaan 4 dan 5.

Alternatif II (Pengaturan Ulang Satu Jam Rata-rata)

Kondisi arus lalu lintas untuk perancangan satu jam rata-rata (LHR) dilakukan dengan perhitungan rata-rata volume kendaraan selama 12 jam dari jam 06.00 s/d 18.00.

Alternatif III (Pelebaran Untuk Lengan Utara dan Timur)

Pada percobaan alternatif III dilakukan pelebaran jalan pada lengan Utara yang semula 8,2 meter menjadi 8,7 meter dan untuk lengan Timur yang semula 7,6 menjadi 9,10 m, sehingga masing-masing lengan Utara dan Timur melakukan pelebaran jalan sebesar 0.5 meter dan 1,5 meter.

Tabel 14. Perbandingan Kondisi Eksisting dan Alternatif Perancangan Ulang

No.	Analisis	Arah	Waktu Hijau (g)	Q (smp/jam)	C (smp/jam)	DS	Antrian (m)	Tundaan Rata-rata (det/smp)	Tundaan Simpang Rata-rata
1.	Kondisi Eksisting	U	76	1175	1367	0,86	171	111,784	88,65
		S	60	592	758	0,781	225	118,194	
		T	65	1001	1002	1,00	184	172,722	
		B	60	485	794	0,611	126	108,529	
2.	Perancangan Ulang Volume Jam Puncak (VJP)	U	47	1175	1342	0,876	171	75,884	55,56
		S	33	592	676	0,876	160	90,623	
		T	46	1001	1144	0,876	184	77,220	
		B	26	485	554	0,876	109	97,722	
3.	Pengaturan Ulang Satu Jam Rata-Rata (LHR)	U	76	1119	1360	0,823	171	108,695	75,59
		S	60	484	755	0,641	189	110,384	
		T	65	897	1005	0,893	184	124,681	
		B	60	429	798	0,538	126	105,775	
4.	Pelebaran Jalan untuk Lengan Utara dan Timur	U	76	1175	1450	0,810	161	69,663	49,13
		S	60	592	758	0,781	153	77,570	
		T	65	1001	1199	0,835	154	75,458	
		B	60	485	794	0,611	86	68,516	

Pemodelan Menggunakan Software Vissim

1. Kondisi I (Eksisting)

Kondisi I dilakukan untuk menggambarkan kondisi simpang Pingit saat ini. Data input pada kondisi ini adalah data volume lalu lintas paling besar pada 1 jam sibuk (pukul 06.45 – 07.45). Hasil *out put* dapat dilihat pada Gambar 6.

2. Kondisi II (LTOR setiap simpang dimatikan)

Kondisi II menggambarkan kondisi dimana LTOR (belok kiri jalan terus) pada masing-masing lengan dimatikan. Dengan data input pada kondisi ini adalah data volume lalu lintas paling besar pada 1 jam sibuk (pukul 06.45 – 07.45). Hasil *out put* dapat dilihat pada Gambar 7.

3. Kondisi III (Pelebaran Lengan Utara dan Timur)

Kondisi III menggambarkan kondisi dimana Lengan Utara dan Timur dilakukan penambahan pelebaran jalan sebesar 0,5 m dan 1,5 m. Dengan data input pada kondisi ini adalah data volume lalu lintas paling besar pada 1 jam sibuk (pukul 06.45 – 07.45). Hasil *out put* dapat dilihat pada Gambar 8.

Berdasarkan hasil *Out put* yang didapatkan dari data selama interval waktu pemodelan (0 – 600s). data dari output tersebut terdiri dari panjang antrian (QLEN), kendaraan (VEHS), Tundaan kendaraan (VEHDELAY), Tundaan simpang (STOPDELAY), dan Berhenti (STOP).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi kinerja simpang pada simpang bersinyal Pingit Yogyakarta berdasarkan MKJI 1997, maka dapat disimpulkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Volume lalu lintas tertinggi pada simpang bersinyal Pingit Yogyakarta terjadi pada jam kerja dengan jam puncak pagi pada pukul 06.45 – 07.45 WIB dengan nilai Kapaitas untuk masing-masing lengan Utara, Selatan, Timur dan Barat yaitu sebesar 1367, 758, 1002 dan 794 dalam smp/jam.
2. Nilai derajat kejenuhan (DS) yang terjadi pada simpang bersinyal Pingit Yogyakarta untuk lengan Utara, Selatan, Timur dan Barat adalah sebesar 0,86; 0,782; 1,00 dan 0,611. Nilai derajat kejenuhan (DS) pada lengan Utara dan Timur ($DS > 0,85$) akan menyebabkan terjadinya antrian yang cukup panjang pada lengan Utara dan Timur yaitu dengan panjang antrian 171 m dan 184 m.
3. Tundaan rata-rata yang terjadi pada lengan Utara, Selatan, Timur dan Barat sebesar 111,784; 118,194; 172,722 dan 108,529 det/smp.
4. Dalam analisis ini digunakan 3 (tiga) alternatif untuk meminimalkan derajat kejenuhan pada setiap lengan/pendekat. Alternatif yang digunakan antara lain:
 - a. Alternatif I yaitu perancangan ulang volume jam puncak (VJP) dengan melakukan perubahan pada waktu hijau (g) dan waktu siklus yang disesuaikan (c) dengan menggunakan **Persamaan 3 dan 4**.
 - b. Alternatif II yaitu pengaturan ulang satu jam rata-rata dengan melakukan perhitungan arus lalu lintas rata-rata

volume kendaraan selama 12 jam dari pukul 06.00 – 18.00 WIB.

- c. Alternatif III yaitu melakukan pelebaran jalan untuk lengan Utara yang semula 8,2 meter menjadi 8,7 meter dan untuk lengan Timur yang semula 7,6 menjadi 9,1 m, sehingga masing-masing lengan Utara dan Timur melakukan pelebaran jalan sebesar 0,5 meter dan 1,5 meter.

Berdasarkan alternatif-alternatif diatas, solusi terbaik untuk menyelesaikan masalah terkait yang ada pada simpang bersinyal Pingit Yogyakarta adalah pada alternatif III dengan melakukan pelebaran jalan untuk lengan Utara dan Timur yang menghasilkan nilai derajat kejenuhan dan tundaan lebih rendah dari kondisi eksisting.

5. SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Perlu adanya penelitian selanjutnya untuk pembenahan terhadap sistem manajemen lalu lintas, baik manajemen di simpang maupun ruas jalan sekitar simpang, misalnya :
 - Dengan memperkecil hambatan samping
 - Menjadikan jalur jalan menjadi satu arah
 - Pemberlakuannya 3 in 1 pada hari dan jam tertentu
2. Perlu dilakukan survey lalu lintas yang lebih akurat, seperti dilakukan dalam satu minggu penuh, sehingga data lalu lintas yang didapatkan lebih merepresentasikan kondisi lalu lintas yang sebenarnya.
3. Perlunya penerapan disiplin berlalu lalu lintas khususnya kepatuhan terhadap rambu-rambu lalu lintas agar dipertegas untuk mengurangi hambatan samping yang terjadi pada persimpangan bersinyal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiarso, R.Yekti Eko, 2011, *Pemodelan Pembebanan Jaringan Jalan Dilingkungan Kampus Universitas Indonesia Depok Akibat Pembangunan Rumah Sakit Universitas Indonesia, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.*
- Alam, Fuad Nur, 2008, *Analisis panjang antrian dan tundaan pada simpang bersinyal dengan arus dinamis (studi kasus simpang Pingit Yogyakarta)*, Thesis, Magister Sistem dan Teknik Transportasi, Universitas Gajah Mada
- Alamsyah, Alik Ansyori, 2005, *Rekayasa Lalu Lintas*, UMM PRESS Malang
- Antoni Anton, 2011, *Analisis panjang antrian kendaraan pada simpang bersinyal (studi kasus pada lengan selatan simpang empat Jetis)*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Departemen Pekerja Umum, Jakarta
- Mahmudah, Noor, dan Adhytia Tubagus 2015, *Dampak Parkir Khusus Wisata Terhadap Simpang Bersinyal Jalan Perkotaan (studi kasus : Persimpangan Ngabean Yogyakarta)*, Jurnal Ilmiah Semesta Teknika Vol. 18, No. 1, 44-54, Mei 2015, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Menteri Perhubungan, 2015, *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015, Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*, Nusa Media, Jalarta
- Morlok, Edward K, 1995, *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Munawar, Ahmad, 2004, *Manajemen Lalulintas Perkotaan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Munawar, Ahmad, dan Ibnu Ariemasto Winnetou, (2015), *Penggunaan Software VISSIM untuk Evaluasi Hitungan MKJI 1997 Kinerja Ruas Jalan Perkotaan (studi kasus : Jalan Affandi Yogyakarta)*, FSTPT International Symposium, Unila, Bandar Lampung.
- Musyarofah, Hesti Ifitachul, 2015, *Evaluasi kinerja detektor adaptif pada sistem ATCS (Area Traffic Control System) (Studi Kasus : Simpang Gamping, Yogyakarta)*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- PTV VISION. 2013. *PTV VISSIM 6 User Manual*. PTV AG, Karlsruhe, Germany.
- Putra, M.Surya Permana, (2013), *Analisis kinerja simpang bersinyal dipersimpangan Dengung (studi kasus : Jalan Magelang KM 9,5 Yogyakarta)*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Warpani, Suwardjoko P, 2002, *Pengolahan Lalu Lintas & Angkutan Jalan*, Penerbit ITB, Bandung