

Pemodelan *Unconventional Intersection* Berbentuk *Partial Cloverleaf* Dengan *Software* PTV. VISSIM

Modelling an Unconventional Intersection Using Partial Cloverleaf with Software PTV.VISSIM

Bagas Haryo Wicaksono, Muchlisin

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Pertumbuhan penduduk di Yogyakarta mengakibatkan peningkatan penggunaan moda transportasi di Simpang Kentungan, pada kondisi tersebut dibutuhkan evaluasi agar menghindari kemacetan yang sering terjadi pada jam puncak dengan pemilihan jenis simpang yang sesuai yaitu simpang tidak sebidang yang merupakan ruas jalan yang bertemu ketika salah satu ruas berada diatas atau dibawah jalan yang terdiri dari simpang tidak konvensional yang bentuknya tidak umum dari bentuk lainnya yang digunakan di Indonesia dan simpang konvensional yang pada umumnya digunakan di Indonesia yaitu *underpass* dan *flyover*. Tujuan Peneliti menggunakan jenis simpang tidak konvensional *Partial Cloverleaf* B2 (Parclo B2) agar dapat meminimalisir tingkat kecelakaan, mengurangi angka kemacetan, dan efisiensi kinerja lalu lintas. Metode penelitian ini adalah memodelkan 3 kondisi simpang menggunakan *software* PTV. VISSIM 9 yaitu pemodelan eksisting, *default*, dan modifikasi. Hasil 3 pemodelan tersebut didapatkan nilai tundaan, panjang antrian, dan *Level Of Service* (LOS) pada pemodelan eksisting didapatkan LOS F (sangat buruk) sebesar 104,79 detik, pemodelan *default* didapatkan LOS E (buruk) sebesar 68,48 detik, dan pemodelan modifikasi didapatkan LOS D (cukup) sebesar 54,97 detik. Sehingga didapatkan pemodelan terbaik dengan nilai tundaan terkecil yaitu pemodelan modifikasi.

Kata kunci: Geometrik, *Partial Cloverleaf* B2, Simpang Kentungan, VISSIM 9.

Abstract Population growth in Yogyakarta resulted in an increase in the use of transportation modes at Kentungan Intersection, in these conditions it needed evaluations to avoid congestion that often occurs at peak hours with selected of the appropriate intersection is non-purview intersection, it is a road that meets when one of the sections is above or below the road there are unconventional intersection is intersection which are not public in shape form others forms used in Indonesia and conventional intersection is intersection that's generally used in Indonesia are *underpass* and *flyover*. The goals of the researchs are to use a type of unconventional intersection are minimize incident rates, reduce congestion, and efficiency of traffic performance. This researchs method are to model 3 conditions using the PTV VISSIM 9 software are existing modeling, *default*, and modification. The results of the 3 modeling obtained values of delay, queu length, and *Level of Service* (LOS) in the existing modeling obtained LOS F (very bad) of 104,79 seconds, the *default* modeling obtained LOS E (bad) of 68,48 seconds, the modification modeling obtained LOS D (sufficient) of 54,97 seconds. So the best modeling with the smallest delay velue is modification modeling

Key words: Geometric, *Partial Cloverleaf* B2, Kentungan Intersection, VISSIM 9.

1. Pendahuluan

Seiring dengan pertumbuhan penduduk yang cukup besar di Yogyakarta mengalami peningkatan dalam penggunaan moda transportasi. Di Yogyakarta kemacetan merupakan permasalahan yang paling utama, hal ini terjadi karena moda transportasi umum yang kurang memadai sehingga masyarakat lebih memilih menggunakan kendaraan pribadi

sehingga kemacetan sering terjadi di persimpangan pada jam puncak. Menurut Elisabeth dan Timboeleng (2015) persimpangan adalah bagian yang tidak terpisahkan dari semua sistem jalan, dimana dua atau lebih ruas jalan bertemu dan tempat terjadinya konflik lalu lintas yang erat kaitannya dengan kemacetan lalu lintas.

Kota-kota besar di seluruh Indonesia termasuk Yogyakarta merasakan peningkatan volume kendaraan yang selalu meningkat dari tahun ke tahun, diperkirakan dapat menimbulkan dampak yang serius terhadap kemacetan. Menurut Tamin (2000) kemacetan mulai terjadi apabila jumlah kendaraan mendekati kapasitas, kemacetan selalu meningkat apabila arus yang relatif tinggi sehingga kendaraan tidak dapat bergerak atau bergerak sangat lambat. Kemacetan lalu lintas yang biasa terjadi yaitu di Simpang Kentungan, pada persimpangan ini kemacetan paling parah berada di sisi utara jalan yang disebabkan karena lebar jalan yang cukup kecil ditambah dengan waktu lampu merah pada *traffic light* yang cukup lama, hal ini membutuhkan evaluasi dan analisis berdasarkan keadaan jalan dengan menggunakan pemodelan.

Pemodelan Simpang Kentungan ini dilakukan dengan menggunakan simpang tidak sebidang, simpang tersebut biasanya digunakan apabila kapasitas persimpangan sudah melebihi dari kapasitas masing-masing ruas jalan, dimana ruas tersebut tidak berada pada posisi sebidang. Simpang tidak sebidang terdiri dari simpang konvensional dan tidak konvensional, simpang konvensional merupakan simpang yang pada umumnya digunakan di Indonesia yaitu *flyover* dan *underpass*, sedangkan simpang tidak konvensional merupakan simpang yang jarang digunakan di Indonesia dengan bentuk yang berbeda dari biasanya. Dari berbagai jenis simpang tidak sebidang, penulis menggunakan pemodelan Partial Cloverleaf B2 atau PARCLO B2 karena dapat meminimalisir tingkat kecelakaan, memiliki 3 fase, mengurangi angka kecelakaan, meningkatkan efisiensi lalu lintas. Pemodelan tersebut diperlukan *software* PTV. VISSIM guna memudahkan pekerjaan dalam membuat pemodelan simulasi simpang bersinyal yaitu Simpang eksisting, Simpang PARCLO B2 *Default*, Simpang PARCLO B2 Modifikasi pada Simpang Kentungan Yogyakarta sehingga dapat menganalisis secara keseluruhan kemacetan yang sering terjadi.

2. Metode Penelitian

a. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah Bagaimana hasil pemodelan pada Simpang Kentungan ?, bagaimana hasil pemodelan pada Simpang *Partial Cloverleaf Default* ?, bagaimana hasil pemodelan pada Simpang Partial Cloverleaf Modifikasi ?

b. Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian dalam penelitian ini adalah Menganalisa dan mengevaluasi penyebab kemacetan lalu lintas, penelitian ini dilakukan di Simpang Kentungan, Yogyakarta, penelitian pemodelan *Partial Cloverleaf* dilakukan dengan menggunakan *software* VISSIM 9, menganalisis dan mengevaluasi pada kondisi jalan untuk kelancaran pergerakan dalam arus lalu lintas di Simpang Kentungan.

c. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah Mendapatkan hasil pemodelan pada Simpang Kentungan kondisi eksisting, mendapatkan hasil pemodelan pada Simpang *Partial Cloverleaf Default*, mendapatkan hasil pemodelan pada Simpang *Partial Cloverleaf* Modifikasi.

d. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian dari penelitian ini adalah Menambah pengetahuan dalam menganalisis kemacetan, menerapkan ilmu yang didapatkan di lapangan, Menambah pengalaman yang didapatkan di lapangan.

3. Persimpangan

Menurut Lefrandt dkk. (2013) simpang adalah hal terpenting pada suatu jaringan jalan di mana pengemudi dapat memutuskan untuk jalan terus atau berbelok ke jalan lain. Perencanaan simpang tidak sebidang memerlukan lahan yang cukup luas dengan pemodelan yang akurat agar menghasilkan hasil yang terbaik. Pemodelan pada simpang tidak sebidang dapat digunakan apabila pada jalan tersebut sudah melebihi kapasitas.

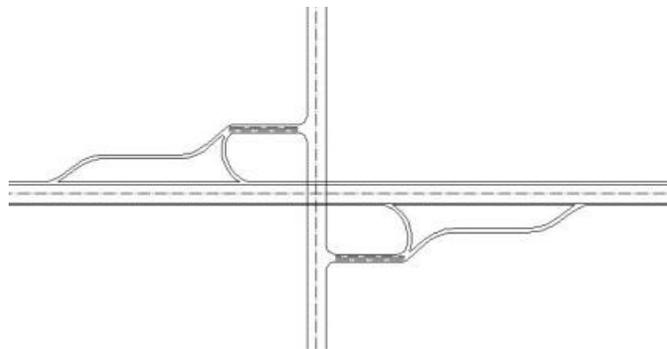
Menurut Sembiring dan Anas (2011) berikut jenis-jenis simpang tidak sebidang.

- a. Persimpangan tipe *diamond*
Persimpangan yang paling sederhana dari persimpangan tidak sebidang dengan biaya yang relatif murah. Bentuk ini digunakan terutama pada kondisi jalan yang bebas hambatan tidak terputus, kecuali apabila terdapat lalu lintas lain yang keluar atau masuk *ramp*
- b. Trompet
Persimpangan yang pada umumnya 2 jalan bertemu dengan bentuk seperti trompet (T) dimana dalam pergerakan lalu lintas akan melewati loop.
- c. *Full Cloverleaf*
Bagian jalan yang menyediakan ramp (loop) dalam setiap lengannya dengan tingkat pergerakan arus yang rendah.
- d. *Partial Cloverleaf*
Partial cloverleaf hampir mirip seperti dengan *full cloverleaf*, hanya saja *partial cloverleaf* memiliki kurang dari 3 loop dan *full cloverleaf* memiliki 4 loop
- e. Persimpangan tidak sebidang tipe *directional*

Persimpangan dengan seperti simpang susun *directional* yang berkaitan antara hambatan satu ke hambatan lainnya.

Jenis Pemodelan

Dalam penelitian ini penulis menggunakan pemodelan *Partial Cloverleaf B2* (Parclo B2), pemodelan tersebut merupakan salah satu desain pertukaran jalan bebas hambatan ke arteri dengan memiliki sisi jalan lingkaran yang terdapat 2 loop. Jenis Parclo B2 memiliki kondisi geometri yang berbeda dari jenis jalan yang biasa digunakan di Indonesia sehingga memungkinkan untuk berkendara dengan kecepatan tinggi. Selain itu dibutuhkannya manajemen lalu lintas yang baik agar dapat mengelola dan mengendalikan arus lalu lintas sesuai kondisi jalan. Pengoperasian sinyal lalu lintas menjadi sangat penting karena mempengaruhi efisiensi perkotaan sistem transportasi. Jenis Parclo B2 menggunakan 3 fase yang digunakan pada pemodelan *default* dan modifikasi.



Gambar 1 Parclo B2.

Simpang Bersinyal

Menurut Pranevicius dan Kraujalis (2012) meningkatnya jumlah kendaraan menimbulkan permasalahan seperti kemacetan dan kecelakaan sehingga kontrol sinyal menjadi sangat penting karena mempengaruhi efisiensi perkotaan sistem transportasi. Meminimalisir tingkat kecelakaan lalu-lintas yang disebabkan oleh kendaraan yang berlawanan arah.

Menurut Hormansyah dkk. (2016) arus lalu lintas merupakan jumlah kendaraan bermotor yang melewati suatu titik dinyatakan dalam kend/jam yang belok dari arus lalu lintas baik lurus maupun melawan. Menurut Eka dan Ramanda (2018) pada pengaturan waktu hijau dibutuhkan model optimasi dengan menggunakan *software* VISSIM dalam mengoptimalkan waktu hijau di setiap lengan agar dapat sesuai dengan arusnya sehingga dapat meningkatkan kondisi pelayanan, sedangkan menurut Sutandi (2007)

sistem pengendalian lalu lintas dapat digunakan untuk mengurangi kemacetan.

Penentuan Fase

Menurut Alhadar (2011) pengoperasian sinyal lalu lintas dengan 3 warna (hijau, kuning, merah) digunakan dalam pemisah lintasan dari pergerakan lalu lintas dimana seringkali bertentangan dengan dimensi waktu, selain itu dibutuhkannya manajemen lalu lintas yang baik agar dapat mengelola dan mengendalikan arus lalu lintas sesuai kondisi jalan. Pengoperasian sinyal lalu lintas menjadi sangat penting karena mempengaruhi efisiensi perkotaan sistem transportasi. Jenis *parclo* B2 menggunakan 3 fase yang digunakan pada pemodelan *default* dan modifikasi, penentuan fase ini dijelaskan sebagai berikut:

- a. Fase 1 : Fase satu berada pada sisi utara dan selatan sehingga sisi barat dan timur harus berhenti.
- b. Fase 2 : Fase dua berada pada sisi barat sehingga sisi utara, selatan, dan timur harus berhenti.
- c. Fase 3 : Fase tiga berada pada sisi timur sehingga sisi utara, selatan, dan barat harus berhenti

Komposisi Lalu Lintas

- a. Komposisi lalu lintas terbagi menjadi 4 macam (MKJI,1997), yaitu:
 - 1) Kendaraan Berat (HV), Kendaraan bermotor dengan lebih dari 4 roda.
 - 2) Kendaraan Ringan (LV), Kendaraan bermotor beroda 4 memiliki 2 gandar dengan memiliki jarak 2 sampai 3 meter.
 - 3) Sepeda Motor (MC), Kendaraan bermotor dengan memiliki 2 atau 3 roda.
 - 4) Kendaraan Tidak Bermotor (UM), Kendaraan tidak bermesin atau bermotor dengan memiliki roda.

- b. Komposisi lalu lintas untuk jalan luar kota terbagi menjadi 6 (MKJI,1997), yaitu:

- 1) Kendaraan ringan (LV), Kendaraan bermotor beroda 4 memiliki 2 gandar dengan memiliki jarak 2 sampai 3 meter.
- 2) Truk besar (LT), truk memiliki tiga gandar dan truk kombinasi dengan jarak gandar pertama ke kedua dibawah 3,5 meter.
- 3) Bis Besar (LB), bis terdapat dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0 – 6,0 meter.
- 4) Sepeda motor (MC), merupakan sepeda motor dengan 2 atau 3 roda.
- 5) Kendaraan tak bermotor (UM), merupakan kendaraan bertenaga manusia atau hewan diatas roda.

4. Software pemodelan PTV.VISSIM 9

Menurut PTV-AG (2015) VISSIM merupakan *Software* untuk pemodelan lalu lintas perkotaan. Seiring berjalannya waktu *Software* tersebut dikembangkan oleh PTV untuk mengkalibrasi kondisi jalan, VISSIM mempunyai fitur animasi 3D dengan berbagai jenis kendaraan seperti mobil, motor, bis, truk. Selain itu, terdapat objek pendukung seperti pohon, bangunan, rambu lalu lintas yang dapat dimasukkan dalam animasi 3D.

Kalibrasi VISSIM 9

Menurut Irawan dan Putri (2015) kalibrasi merupakan penyesuaian agar dapat menyamakan antara pemodelan dan keadaan di lapangan. Data yang digunakan untuk digunakan fokusnya kepada perilaku pengemudi agar menyesuaikan sifat individu jika ada interaksi-interaksi yang terjadi dilapangan. Kalibrasi perlu dilakukan agar memastikan bahwa pemodelan yang dibuat adalah valid dengan menghasilkan data-data mendekati hasil observasi berupa waktu tempuh dan jarak antar kendaraan

Menurut Faisal dkk. (2017) parameter kalibrasi diperlukan untuk analisis simulasi yaitu:

- a. *Link* : Langkah pertama dalam pemodelan VISSIM dengan membuat jaringan jalan.
- b. *Connector* : Penghubung setiap jaringan jalan.

Penilaian Kinerja Jalan

Nilai pelayanan persimpangan digunakan dalam mengetahui kualitas suatu simpang sehingga dari hasil tersebut di evaluasi agar dapat memberikan solusi manajemen lalu lintas yang lebih baik dari segi peralatan pengendali lalu lintas maupun peraturan yang diperlukan untuk dilaksanakan bagi pihak terkait demi kelancaran lalu lintas. Pengolahan data pada *software* VISSIM dengan menggunakan metode yang mengacu pada peraturan Amerika yang dimuat dalam manual kapasitas jalan raya (*Highway Capacity Manual*) tahun 2010, sedangkan Indonesia mengacu pada Peraturan Menteri No. 96 tahun 2015.

Menurut Rumayar dkk. (2013) tingkat pelayanan terbagi menjadi 6, mulai dari tingkat A hingga F. Masing-masing tingkat tersebut mempunyai *range operating condition* tersendiri yang diperoleh dari nilai *spot speed* semakin parah tingkat pelayanannya maka harus menentukan kebijakan-kebijakan strategis agar tidak menimbulkan dampak negative bagi para pengguna jalan. Tingkat pelayanan jalan tersebut dapat dilihat dalam tabel 1.

Tabel 1 Tingkat pelayanan (level of service) (HCM, 2010) (PM No.96, 2015)

<i>Level-Of-Service</i>	Tundaan rata-rata berdasarkan HCM 2010 (det/kend)	Tundaan rata-rata berdasarkan PM No.96 Tahun 2015 (det/skr)
A	≤ 10	≤ 5,0
B	> 10 - 20	5,1 – 15,0
C	> 20 - 35	15,1 – 25,0
D	> 35-55	25,1 – 40,0
E	> 55 – 80	40,0 – 60,0
F	> 80	>60

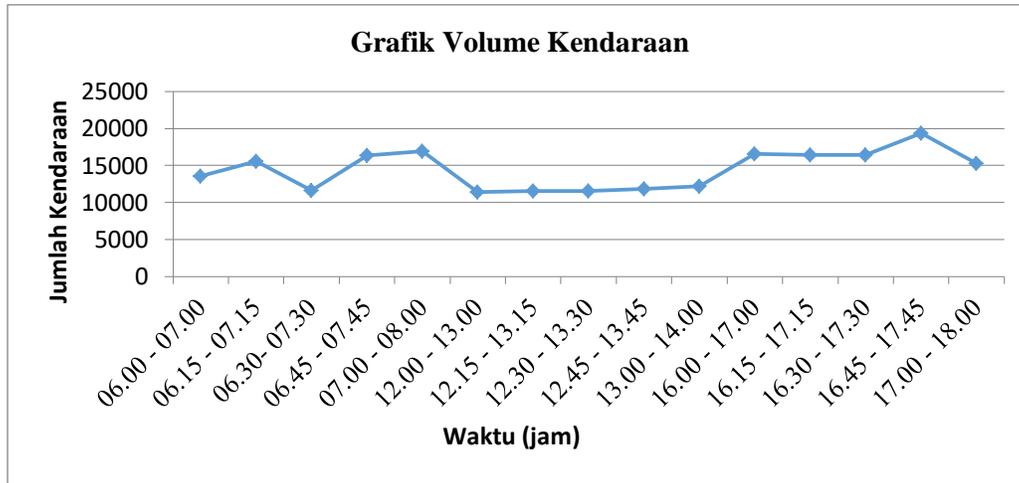
5. Hasil dan Pembahasan

a. Kondisi Simpang Kentungan

Melakukan survei secara langsung dengan mengamati kondisi di lapangan untuk mendapatkan data geometri yang ditunjukkan pada tabel 2. Setelah itu menghitung jumlah kendaraan yang melewati Simpang Kentungan selama 6 jam yang dilakukan 3 kali setiap 2 jam pada pukul 06.00-08.00 WIB, 12.00-14.00 WIB, dan 16.00-18.00 WIB dengan mendapatkan volume tertinggi pada pukul 16.45-17.45 WIB dengan 19.361 kendaraan yang ditunjukkan pada gambar 2.

Tabel 2 Geometri Simpang Kentungan

	Masuk Simpang			Keluar Simpang		
	Jalur 1	Jalur 2	Jalur Motor	Jalur 1	Jalur 2	Jalur Motor
Utara	2	3	0	3.5	3.5	0
Barat	3.5	3.5	4	3	3	3.5
Selatan	4	3	0	3	5	0
Timur	4	3	4	3	3.5	3.5



Gambar 2. Grafik Volume Kendaraan

b. Waktu siklus dan fase

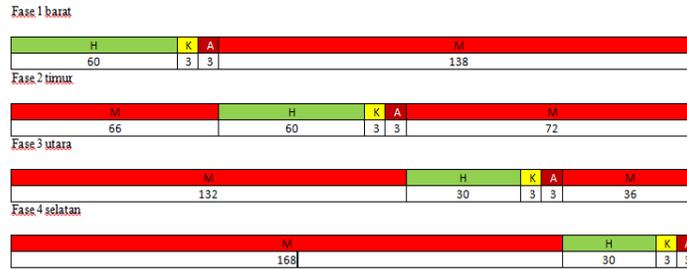
Menurut Fikri dan Triana (2015) waktu siklus digunakan untuk kinerja persimpangan dengan menghitungnya terlebih dahulu agar memperoleh nilai tundaan rata-rata paling kecil. Simpang bersinyal pada kondisi lalu lintas

Kentungan Yogyakarta terdiri dari 4 fase dengan waktu sinyal yang meliputi waktu merah, waktu hijau, dan waktu kuning. Jumlah waktu pengoperasian sinyal lalu lintas beserta tipe pendekatan ditunjukkan pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3 Kondisi Sinyal

Sinyal	Lengan	Tipe Pendekat	Waktu (detik)			
			Merah	Hijau	Kuning	All Red
Fase 1	Utara	Terlindung	168	30	3	3
Fase 2	Barat	Terlindung	138	60	3	3
Fase 3	Selatan	Terlindung	168	30	3	3
Fase 4	Timur	Terlindung	138	60	3	3
Waktu Siklus (detik)			204			

Berdasarkan tabel 3, kemudian diolah untuk membuat diagram *phase* ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3 Diagram *Phase* Eksisting

- c. **Hasil output 3 pemodelan** didapatkan hasil output yang ditunjukkan pada tabel 4

Dari 3 pemodelan yang telah dibuat,

Tabel 4 Perbandingan hasil output pemodelan eksisting, *default*, dan modifikasi

Hasil Pemodelan	Panjang Antrian	Nilai Tundaan	Nilai LOS
Eksisting	82,08	104,79	F
<i>Default</i>	50,05	68,48	E
Modifikasi	46,06	54,97	D

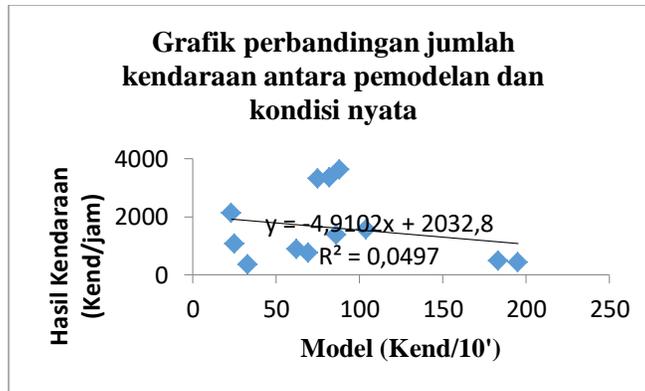
- d. **Hasil validasi regresi** nyata dan jumlah kendaraan yang didapatkan pada model. Hasil validasi data ditunjukkan pada tabel 5.
- Validasi data digunakan dalam menguji pemodelan yang sudah dibuat dengan membuat korelasi jumlah kendaraan

Tabel 5 perbandingan jumlah kendaraan antara pemodelan eksisting dengan kondisi nyata.

		Model (kend/10 ³)	Real (kend/jam)
Barat	ST	75	3313
	LT	183	483
	RT	69	755
Timur	ST	82	3348
	LT	195	429
	RT	62	894
Utara	ST	23	2137
	LT	33	364
	RT	25	1065
Selatan	ST	88	3624
	LT	104	1570
	RT	86	1379

Kemudian dari tabel 5 diatas dibuat grafik analisis regresi didapatkan nilai regresi 0,0497 artinya hasil pemodelan eksisting tersebut jauh dari kondisi sebenarnya karena nilai regresinya tidak mendekati 1 seperti gambar dibawah.

Salah satu faktor yang mempengaruhi adalah versi program, dimana peneliti menggunakan PTV.VISSIM 9 *Student Version*. *Student Version* hanya bisa mensimulasikan program selama 10 menit ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4 Validasi data dengan analisa regresi

6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah kendaraan menggunakan *software excel*, maka didapatkan kemacetan paling parah terjadi pada jam 16.45-17.45 WIB dengan jumlah 19.361 kendaraan. Kendaraan tersebut di klasifikasi menjadi 5 jenis yaitu LV,HV,MHV,LT,MC. Dari hasil pemodelan menggunakan *software VISSIM 9* pada Jalan Kentungan Yogyakarta didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- a. Pemodelan Simpang Kentungan menunjukkan kondisi yang sebenarnya pada simpang kentung, dari hasil pemodelan tersebut didapatkan bahwa tingkat pelayanan pada kondisi tersebut dengan nilai F (sangat buruk) , nilai tundaan sebesar 104,79 detik, dan panjang antrian sebesar 82,08 meter.
- b. Pemodelan *Partial Cloverleaf Default* menunjukkan kondisi dengan merubah desain jalan beserta geometrik nya pada simpang kentungan, dari hasil pemodelan tersebut didapatkan bahwa tingkat pelayanan pada kondisi tersebut dengan nilai F (sangat buruk) , nilai tundaan sebesar 68,48 detik, dan panjang antrian sebesar 50,05 meter.
- c. Pemodelan *Partial Cloverleaf Modifikasi* menunjukkan kondisi dengan merubah desain kembali dari pemodelan modifikasi jalan beserta geometrik nya pada simpang kentungan, dari hasil pemodelan tersebut didapatkan bahwa tingkat pelayanan pada

kondisi tersebut dengan nilai F (sangat buruk) , nilai tundaan sebesar 54.97 detik, dan panjang antrian sebesar 46,06 meter.

7. Saran

Setelah dilakukan penelitian, terdapat saran yang dapat dilakukan pada Simpang Kentungan Yogyakarta dengan menggunakan *software VISSIM 9* adalah

- a. Dalam mengatasi penumpukkan kendaraan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar dapat mengetahui tipe jalan apa yang cocok untuk kondisi di Kentungan Yogyakarta.
- b. Setelah mengetahui tipe jalan, perlu dilakukan survei untuk mengetahui kondisi geometrik yang sesuai agar kapasitas ruas jalan dapat mencukupi kapasitas kendaraan

8. Daftar Pustaka

- Alhadar, A., 2011. Analisis Kinerja Jalan dalam Mengatasi Kemacetan Lalu Lintas Pada Ruas Simpang Bersinyal di Kota Palu. *Jurnal SMARTek*, 9(4), 327-336.
- Bina Marga, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Jakarta.
- Eka, R. A., dan Ramanda, F., 2018. Optimasi Green Time Simpang Bersinyal Dengan Menggunakan PTV VISSIM Dalam Meningkatkan Kinerja Simpang. *Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 6(2), 108-118.

- Elisabeth, L., dan Timboeleng, J. A., 2015. Analisis Kinerja Simpang Tanpa Sinyal. *Jurnal Sipil Statik*, 3(7), 2337-6732.
- Faisal, R., Sugiarto., dan Syara, A., 2017. Simulasi Arus Lalu Lintas Pada Segmen Penyempitan Jalan Akibat Pembangunan Fly Over Simpang Surabaya Tahun 2016 Menggunakan Software VISSIM 8.0. *Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 183-194.
- Fikri, I. M., dan Triana, S., 2015. Optimasi Waktu Siklus Lampu Sinyal Lalu Lintas Pada Dua Persimpangan Terkoordinasi Menggunakan Program PTV Vissim 6. *Jurnal Institut Teknologi Nasional*, (10).
- Hormansyah, D.S., Sugiarto, V., dan Amalia, E.L., 2016. Penggunaan VISSIM Model pada Jalur Lalu Lintas Empat Ruas . *Jurnal Teknologi Informasi*, 7(1), 57-67.
- Irawan, M. Z., dan Putri, N. H., 2015. Kalibrasi VISSIM Untuk Mikrosimulasi Arus Lalu Lintas Tercampur pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Tugu, Yogyakarta). *Jurnal Penelitian Transportasi Multimoda*, 13(03), 97-106.
- Lefrandt, L., Timboeleng, J., dan Manoppo, M., 2013. Kinerja Lalu Lintas Persimpangan Lengan Empat Bersinyal. *Jurnal Sipil Statik*, 1(3), 202-208.
- Pranevicius, H., dan Kraujalis, T., 2012. Knowledge Based Traffic Signal Control Model For Signalized Intersection. *Jurnal Transport*, 27(3), 263–267.
- Rumayar,A., Palin,A.,dan Lintong, E., 2013. Analisa Kapasitas dan Tingkat Pelyanan Pada Ruas Jalan Wolter Monginsidi Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 1(9), 2337-6732.
- Sembiring, I. S., dan Anas, M. R., 2011. Studi Pemilihan Persimpangan Tidak Sebidang. 235-242.
- Sutandi, C., 2007. Evaluasi Kinerja dari Sistem Pengendalian Lalulintas Kawasan pada Persimpangan Bersinyal dengan Banyak Fase dan Pergerakan. *Jurnal Transportasi*, 7(1), 1-12.
- Tamin, O.Z., 2000, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Bandung: ITB.
- Transportation Research Board, 2001, *Highway Capacity Manual 200*, United States.