

Pemodelan *Unconventional Intersection* Berbentuk SPUI dengan Program PTV.VISSIM

Modelling an Unconventional Intersection using Single-Point Urban Interchange with PTV.VISSIM

Sofyan Aryo Pangestu, Muchlisin

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Simpang Kentungan merupakan simpang yang selalu mengalami permasalahan kemacetan pada jam-jam puncak. Penyebab kemacetan yang terjadi pada Simpang Kentungan adalah volume kendaraan yang terlalu besar melebihi kapasitas simpang. Jenis persimpangan ini termasuk simpang sebidang. Simpang tidak sebidang digunakan ketika pengaturan lalu lintas pada persimpangan sebidang tidak bisa dilakukan pembesaran kapasitas. Sehingga diperlukan evaluasi dari segi geometrik dengan cara merubah jenis persimpangan tersebut menjadi simpang tidak sebidang. Simpang tidak sebidang terdiri dari simpang konvensional dan tidak konvensional. Simpang konvensional adalah simpang yang umumnya digunakan di Indonesia seperti *flyover* ataupun *underpass*. Simpang tidak konvensional jarang digunakan karena bentuknya tidak lazim digunakan. Penelitian ini mengambil jenis simpang tidak konvensional *Single-Point Urban Interchange* (SPUI). SPUI dapat memberikan pergerakan volume kendaraan yang lebih banyak secara efisien. Tujuan penelitian ini adalah memperoleh hasil pemodelan dari 3 kondisi simpang. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah pemodelan menggunakan program PTV.VISSIM 9. Penelitian ini memodelkan 3 kondisi yaitu kondisi eksisting, Simpang SPUI *Default*, dan Simpang SPUI Modifikasi. Hasil pemodelan pada simpang kondisi eksisting, tingkat pelayanan simpang berada pada *level of service* (LOS) F dengan nilai tundaan 104,79 detik. Pada Simpang SPUI *Default*, tingkat pelayanan simpang berada pada LOS D dengan nilai tundaan 32,54 detik. Pada Simpang SPUI Modifikasi, tingkat pelayanan jalan berada pada LOS D dengan nilai tundaan 30,3 detik. Hasil pemodelan sudah melalui proses kalibrasi dari aspek *driving behavior* dan validasi volume kendaraan.

Kata kunci: Geometrik, Simpang Kentungan, SPUI, PTV. VISSIM.

Abstract. *Kentungan Intersection is an intersection that always having a traffic jam at the peak hours. The traffic jam at Simpang Kentungan is caused by highly vehicle volume exceeding the intersection capacity. The type of this intersection is purview intersection. Non-purview intersection is used when traffic control at the purview intersection cant handle the high vehicle capacity. So its need to evaluate from geometric view with the ways of changing the type of the intersection to non-purview intersection. Non-purview intersection is consists of conventional and unconventional. Non-purview conventional intersection is commonly used in Indonesia like flyover or underpass. Non-purview unconventional intersection is rarely used in Indonesia. This study choose one of the unconventional intersection called Single-Point Urban Interchange (SPUI). SPUI cam provide vehicle movement more and efficiently than others type. The purpose of this study is to get modelling result from three intersection condition. Method used in this study is modelling using program PTV.VISSIM 9. This study model a three condition; existing condition, Default SPUI Intersection, and Modification SPUI Intersection. Result of the modelling existing condition, level of service of the intersection is LOS F with the average vehicle delay is 104,79 second. On Default SPUI Intersection, level of service of the intersection is LOS D with the average vehicle delay is 32,54 second. On Modification SPUI Intersection, level of service of the intersection is LOS D with the avverage vehicle delay is 30,3 second. Result of this models are passing the calibration process from driving behavior aspect and vehicle volume validation.*

Key Words: Geometric, Simpang Kentungan, SPUI, PTV. VISSIM.

1. Pendahuluan

Kemacetan adalah salah satu faktor yang paling mempengaruhi dalam lalu lintas. Kemacetan biasanya terjadi pada suatu simpang. Kemacetan pada simpang dipengaruhi beberapa hal yaitu volume kendaraan yang tinggi dan melewati kapasitas jalan, perilaku pengendara yang tidak patuh pada rambu, desain geometrik yang tidak cocok dengan volume kendaraan, dan masih banyak hal lainnya. Simpang Kentungan adalah salah satu simpang yang berada di Yogyakarta yang selalu mengalami kemacetan pada jam puncak. Simpang ini mengalami kemacetan dari berbagai arah. Volume kendaraan yang terlalu tinggi membuat simpang ini over kapasitas. Selain itu, kondisi geometrik Simpang Kentungan ini terlalu kecil. Merujuk pada hasil penelitian Lestari (2016) yang berjudul Analisis Kinerja Simpang Bersinyal pada Simpang Kentungan, menyarankan untuk membangun simpang tidak sebidang untuk mengatasi kemacetan dan tundaan yang tinggi. Simpang tidak sebidang terdiri dari simpang konvensional dan tidak konvensional. Simpang tidak sebidang konvensional adalah *flyover* dan *underpass*. Simpang tidak sebidang tidak konvensional jarang digunakan karena bentuknya yang rumit. Peneliti merubah jenis persimpangan pada Simpang Kentungan menjadi bentuk *Single Point Urban Interchange* (SPUI). SPUI memiliki keuntungan memberikan volume kendaraan yang lebih banyak secara efisien. Tiga kondisi simpang nantinya akan dimodelkan kedalam program PTV.VISSIM 9.

Lestari (2016) menganalisis kinerja simpang bersinyal pada Simpang Kentungan menyimpulkan bahwa tingkat pelayanan Simpang Kentungan berada pada *level of service* (LOS) F dengan nilai tundaan 213,357 detik sehingga merekomendasikan pembuatan *flyover* pada lengan barat ke lengan timur serta penambahan lebar efektif pada lengan utara dan selaran. Yusup (2017) menganalisis biaya kemacetan menggunakan program PTV.VISSIM 9 pada Simpang Condong Catur Yogyakarta menyimpulkan bahwa tingkat pelayanan simpang berada pada LOS F dengan nilai tundaan 103,72 detik dan biaya yang ditimbulkan akibat kemacetan adalah Rp. 5.663.790,- / jam. Permana (2018) memodelkan simpang bersinyal akibat perubahan urutan fase dengan program PTV.VISSIM pada Simpang Senopati Yogyakarta menyimpulkan bahwa setelah dilakukan beberapa scenario pada simpang, tingkat pelayanan LOS F berubah menjadi LOS E dengan nilai tundaan 70,29 detik.

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana hasil pemodelan pada Simpang

Kentungan?, bagaimana hasil pemodelan pada Simpang SPUI *Default*?, dan bagaimana hasil pemodelan pada Simpang SPUI Modifikasi. Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh hasil pemodelan pada Simpang Kentungan, memperoleh hasil pemodelan pada Simpang SPUI *Default*, dan memperoleh hasil pemodelan pada Simpang SPUI Modifikasi. Manfaat dari penelitian ini adalah menambah ilmu dalam menganalisis dan mengevaluasi kinerja dari suatu simpang bersinyal dan menerapkan ilmu yang diperoleh secara langsung di lapangan.

2. Simpang Bersinyal

Menurut Marga (1997)(Dalam Lestari, 2016) Persimpangan merupakan adalah suatu daerah dimana dua ruas jalan bertemu secara berpotongan dan dilengkapi dengan fasilitas jalan yang bertujuan untuk pergerakan lalu lintas.

Khisty dan Lall (2005) menyebutkan bahwa tujuan dari pembuatan persimpangan adalah mengurangi potensi konflik diantara kendaraan (termasuk pejalan kaki) dan sekaligus menyediakan kenyamanan maksimum dan kemudahan pergerakan bagi kendaraan.

Menurut AASHTO (2001)(dalam Khisty dan Lall, 2005) Pemanfaatan persimpangan harus dimanfaatkan bersamaan oleh setiap orang yang ingin memanfaatkannya, maka persimpangan tersebut harus dirancang secara hati-hati, serta mempertimbangkan tingkat efisiensi, keselamatan, kapasitas, kecepatan, dan biaya operasi.

Persimpangan

Persimpangan sebidang adalah dua ruas jalan bertemu pada elevasi yang sama, atau disebut juga *AT-Grade Intersection*. Persimpangan tidak sebidang adalah dua ruas jalan bertemu atau menyilang di elevasi yang berbeda, atau disebut *Grade Separation Intersection*. (Jha, 2013)

Persimpangan tidak sebidang terdiri dari dua kategori, yaitu *underpass* dan *flyover*. *Underpass* adalah jalan utama yang berada dibawah elevasi tanah normal, sedangkan *flyover* adalah jalan utama yang berada diatas elevasi tanah normal. Pemilihan antara dua jenis simpang ini tergantung pada beberapa aspek, yaitu kondisi topografi, alinyemen vertikal, drainase, aspek ekonomis, dan aspek estetika (Fang, 2009).

Sinyal dan Pengaturan

APILL merupakan alat yang digunakan untuk mengatur arus lalu lintas menggunakan 3 isyarat lampu yang baku, yaitu merah, hijau, dan

kuning. Tanda-tanda yang ditunjukkannya harus mudah dipahami dan terlihat jelas supaya lampu pengendali lalu lintas agar dapat digunakan. Guna mencapai tujuan yang efektif, lampu lalu lintas harus dibuat seragam, otoritas untuk instalasinya kuat, dan memiliki kekuatan hukum yang jelas. (Tamin, 2000).

Menurut Marga (2014), Dalam meningkatkan kapasitas, arus keberangkatan dari satu pendekat dapat memiliki arus terlawan dan arus terlindung pada fase yang berbeda khususnya dalam kondisi arus belok kanan pada lengan pendekat yang melawan arah terlalu banyak, sehingga berpotensi menurunkan tingkat keselamatan dan kapasitas lalu lintas pada simpang.

Komposisi Lalu Lintas

Menurut Marga (1997), komposisi lalu lintas dibagi menjadi empat jenis kendaraan yaitu kendaraan ringan (LV), kendaraan berat (HV), sepeda motor (MC), dan kendaraan tak bermotor (UM). Sedangkan untuk jalan luar kota, jenis kendaraan dibagi menjadi enam jenis yaitu kendaraan ringan (LV), kendaraan berat menengah (MHV), truk besar (LT), bis besar (LB), sepeda motor (MC), dan kendaraan tak bermotor (UM).

Konflik Lalu Lintas

Menurut Underwood (1991)(dalam Setiawan, 2012) Persimpangan sebidang umumnya terdapat empat macam pola dasar pergerakan lalu lintas kendaraan yang akan menimbulkan konflik. Kombinasi pergerakan tersebut pada suatu persimpangan akan menimbulkan sejumlah titik konflik.

Jenis konflik pada persimpangan terdiri dari konflik primer dan konflik sekunder. Konflik primer adalah konflik yang terjadi antara arus lalu lintas yang bergerak lurus dari ruas jalan yang saling berpotongan. Konflik sekunder adalah konflik dimana arus lalu lintas kanan dengan arus lalu lintas arah lainnya dan atau lalu lintas belok kiri dengan para pejalan kaki (Idyanata, 2013).

3. Kinerja Lalu Lintas

Arus Lalu Lintas

Data arus lalu lintas diperlukan untuk dua hal, yaitu data arus lalu lintas eksisting dan data arus lalu lintas rencana. Data lalu lintas eksisting digunakan untuk melakukan evaluasi kinerja lalu lintas, berupa arus lalu lintas per jam eksisting

pada jam-jam tertentu yang di evaluasi. Sedangkan data arus lalu lintas rencana digunakan sebagai dasar untuk menetapkan lebar jalur lalu lintas atau jumlah lajur lalu lintas, berupa arus lalu lintas jam desain (Yusup, 2017).

Tingkat Pelayanan Jalan

Menurut Peraturan Menteri No.96 tahun 2015, Penetapan tingkat pelayanan bertujuan untuk menetapkan tingkat pelayanan pada suatu ruas jalan dan/atau persimpangan. Metode yang digunakan PTV. VISSIM 9 untuk mengacu peraturan di Amerika dimuat dalam Manual Kapasitas Jalan Raya (*Highway Capacity Manual*) tahun 2010. Berdasarkan dari kedua peraturan tersebut, tingkat pelayanan (*level of service*) untuk simpang bersinyal.

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	$\leq 5,0$
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

Kecepatan

Kecepatan lalu lintas menggambarkan kondisi arus lalu lintas. Kecepatan adalah perubahan jarak dibagi dengan waktu tempuh. Kecepatan dapat diukur sebagai kecepatan titik, kecepatan perjalanan, kecepatan ruang, dan kecepatan gerak (Tahur dan Hidayat, 2009).

Kecepatan setempat (spot speed) adalah ukuran kecepatan sesaat di lokasi tertentu pada suatu ruas jalan. Pengetahuan mengenai karakteristik spot speed berguna untuk pengaturan lalu lintas yang tepat, perancangan perbaikan keselamatan, perancangan geometrik terhadap dua jenis mean spot speed yaitu kecepatan rata-rata waktu (time mean speed) dan kecepatan rata-rata ruang (space mean speed) (Putranto, 2013).

Tundaan

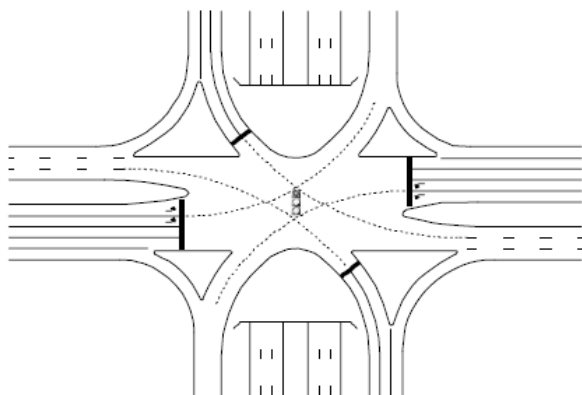
Berdasarkan Marga (2014), tundaan merupakan waktu tempuh tambahan yang digunakan pengemudi untuk melalui suatu simpang apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa simpang. Menurut Peraturan Menteri No.96 (2015), Tundaan diperhitungkan pada simpang yang dilengkapi APILL dan simpang yang tidak dilengkapi APILL (simpang prioritas).

Panjang Antrian

Berdasarkan Marga (2014), panjang antrian merupakan kendaraan yang mengantri di sepanjang pendekat dan dinyatakan dalam satuan meter.

4. Single Point Urban Interchange

Menurut Jones dan Selinger (2003) *Single-Point Urban Interchange* adalah salah satu dari jenis persimpangan dimana semua jalur bertemu menjadi satu persimpangan yang dilengkapi dengan *flyover* atau *underpass* sebagai jalur arus mayor. Persimpangan ini diatur oleh sinyal lalu lintas tunggal dan biasanya beroperasi dengan pola pengaturan waktu tiga fase. Bentuk dari SPUI bisa dilihat pada gambar 1



Gambar 1 *Single Point Urban Interchange*.

Jenis simpang susun ini terdiri atas dua arus tak terganggu yaitu arus belok kiri dan arus yang berada di atas simpang utama. Dinamakan single-point karena semua arah arus lalu lintas diatur oleh satu set sinyal lalu lintas. Efisiensi kebutuhan ruang SPUI tergantung terhadap volume lalu lintas yang dapat ditangani (Bared, Powell, & Kaiser, 2003).

Keuntungan menggunakan jenis Simpang SPUI ini adalah meningkatnya efisiensi dan keselamatan operasi dibanding bentuk simpang susun lainnya. Simpang SPUI juga memiliki lebar belokan yang cukup luas, sehingga memudahkan untuk pergerakan kendaraan besar (Bonneson, 1992).

SPUI juga membutuhkan ruang yang jauh lebih sedikit dibanding jenis simpang susun lainnya. Belok kanan dari kedua arah persimpangan dapat berbelok secara serentak karena persimpangan dikontrol oleh sinyal tunggal, sehingga kendaraan dapat melewati persimpangan lebih cepat dibanding diamond interchange (Fang dan Elefteriadou, 2005).

Kerugian utama dari Simpang SPUI ini adalah meningkatnya biaya karena kebutuhan akan jembatan yang lebih panjang atau lebih lebar. Simpang SPUI menggunakan fase sinyal yang belum familiar sehingga cukup membuat pengemudi bingung (Bared dkk, 2005).

5. PTV. VISSIM 9

PTV. VISSIM 9 adalah sebuah program mikrosimulasi yang digunakan untuk memodelkan sarana transportasi multimoda dan termasuk dalam program *Vision Traffic Suite*. Program ini memberikan detail yang realistis dan akurat. PTV. VISSIM 9 menciptakan kondisi terbaik untuk menguji skenario lalu lintas yang berbeda sebelum direalisasikan. PTV. VISSIM 9 sekarang digunakan di seluruh dunia oleh sektor publik, perusahaan konsultan, dan universitas. Selain simulasi kendaraan, PTV. VISSIM 9 juga bisa digunakan untuk melakukan simulasi pejalan kaki (PTV VISION, 2016).

PTV. VISSIM 9 digunakan pada banyak kebutuhan simulasi lalu lintas dan transportasi umum, seperti skema perlambatan lalu lintas, studi tentang *Light Rail*, perkiraan penggunaan *Intelligent Transport System* yang sesuai, simpang bersinyal dan tidak bersinyal yang kompleks dan sebagainya (Aryandi dan Munawar, 2014).

Kalibrasi VISSIM

Menurut Irawan dan Putri (2014) kalibrasi diperlukan untuk menyamakan antara pemodelan dengan kondisi nyata di lapangan. Proses kalibrasi hanya berfokus pada perilaku pengemudi. Perilaku pengemudi merupakan sifat individu yang kemungkinan terjadi di lapangan karena adanya interaksi dengan faktor lainnya seperti jarak kendaraan, percepatan, perlambatan, serta aturan lalu lintas yang ada. Gambar 2 adalah hasil driving behavior setelah dikalibrasi.



Gambar 2 *Driving behavior* setelah proses kalibrasi.

6. Hasil dan Pembahasan

Survei Kondisi Lapangan

Hasil survei geometrik kondisi eksisting ditunjukkan pada tabel 2. Survei volume lalu lintas

Tabel 2 Data hasil survei geometrik

	Masuk Simpang			Keluar Simpang		
	Jalur 1 (meter)	Jalur 2 (meter)	Jalur Motor (meter)	Jalur 1 (meter)	Jalur 2 (meter)	Jalur Motor (meter)
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

pada jam 06.00-08.00 WIB, 12.00-14.00 WIB, dan 16.00-18.00 WIB. Hasil survei pada jam puncak dibuat tabel sesuai arah kendaraan seperti tabel 3.

Tabel 3 Volume kendaraan pukul 16.45 – 17.45

Lengan	Arah	LV	HV	MHV	LT	MC
U	LT	77	4	0	9	274
	ST	201	4	2	15	1915
	RT	164	7	0	19	875
B	LT	87	4	1	4	387
	ST	842	85	20	80	2286
	RT	191	0	1	6	557
S	LT	220	7	0	12	1331
	ST	311	1	2	25	3285
	RT	195	5	13	11	1155
T	LT	98	1	5	3	322
	ST	770	60	7	48	2463
	RT	189	2	0	5	698

Survei kecepatan kendaraan dilakukan secara langsung disetiap lengan simpang. Survei dilakukan menggunakan alat *speed gun*. Survei ini menggunakan sampel 20 kendaraan per tiap jenis nya seperti pada gambar 5.

Survei waktu siklus dilakukan secara langsung disetiap lengan simpang. Survei dilakukan dengan cara mencatat waktu sinyal dan siklus serta fase pada simpang tersebut. Hasil survei seperti pada tabel 4.

Perhitungan waktu siklus dengan formulir SIG IV

Perhitungan waktu siklus untuk Simpang SPUI *Default* adalah menggunakan formulir SIG-I sampai SIG-IV. Perhitungan ini adalah untuk

dilakukan secara langsung disetiap lengan simpang. Survei dilakukan selama 2 jam pada jam puncak yaitu

mencari waktu dari lampu hijau, kuning, dan all-red dari masing masing lengan. Hasil perhitungan dibuat menjadi diagram fase seperti pada gambar 6.

Pemodelan menggunakan PTV.VISSIM 9

Setelah melakukan survei, data yang didapat dimasukkan ke dalam PTV. VISSIM 9. Pemodelan pada program PTV. VISSIM 9 terdapat 3 tahap yaitu proses *input*, proses *running*, dan proses *output*. Ada 3 kondisi yang dimodelkan kedalam program yaitu kondisi eksisting, Simpang SPUI *Default*, Simpang SPUI *Modifikasi*. Proses input meliputi proses memasukkan *background*, pengaturan skala, membuat jaringan jalan, menentukan rute perjalanan, memasukkan data kendaraan, mengatur *conflict areas*, pengaturan APILL, Membuat objek 3D model. Gambar 3 adalah salah satu contoh hasil jaringan jalan Simpang SPUI *Modifikasi*.

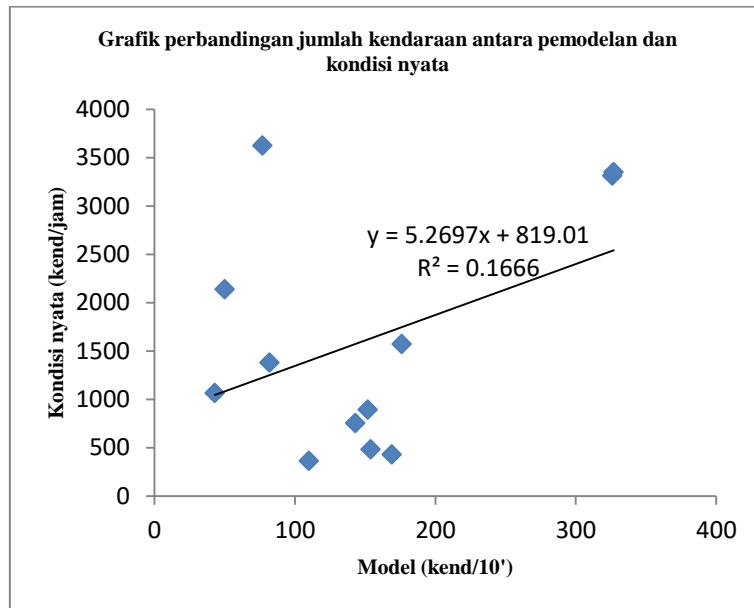


Gambar 3 Hasil pembuatan jaringan jalan.

Proses *running* yaitu proses PTV.VISSIM 9 melakukan analisis pada model yang telah kita buat. Proses *output* yaitu hasil setelah proses *running* berupa data. Data yang didapat adalah

panjang antrian, emisi gas buang, *level of service*, tundaan dan lainnya. Proses validasi data diperlukan untuk menguji pemodelan yang sudah dibuat. Validasi data dilakukan dengan membuat

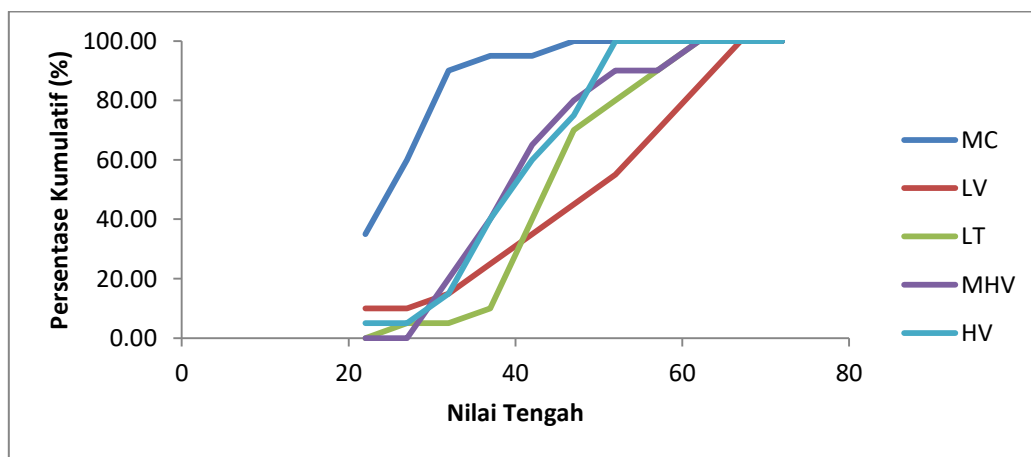
Korelasi dengan jumlah kendaraan nyata dan jumlah kendaraan yang tertangkap pada model. Gambar 4 menunjukkan validasi data dari salah satu kondisi yaitu kondisi eksisting.



Gambar 4 Validasi data dengan analisa regresi.

Dari grafik menunjukkan nilai Rkuadrat adalah 0,1666 yang berarti hasil pemodelan tidak sama dengan jumlah kendaraan pada kondisi nyata dikarenakan nilai tidak mendekati 1. Salah satu

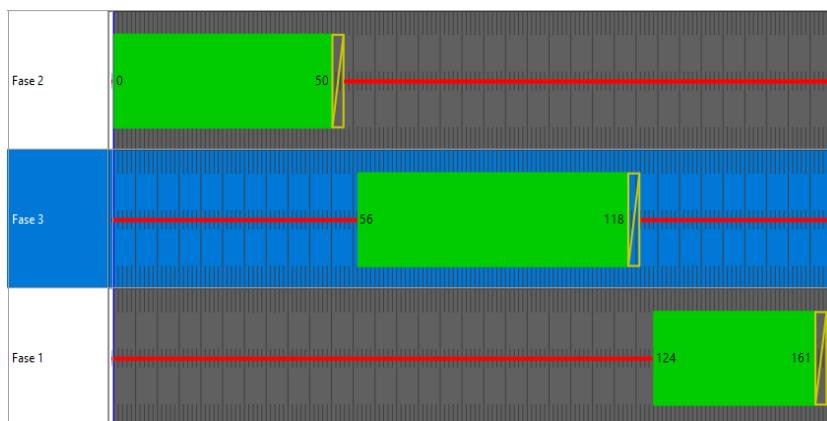
faktor yang mempengaruhi adalah versi program, dimana peneliti menggunakan PTV.VISSIM 9 *Student Version*. *Student Version* hanya bisa mensimulasikan program selama 10 menit.



Gambar 5 Grafik distribusi kecepatan kendaraan.

Tabel 4 Pengaturan waktu APILL kondisi eksisting

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			



Gambar 6 Diagram siklus APILL Simbang SPUI Default.

7. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan program PTV. VISSIM 9 pada Simbang Kentungan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

- Hasil pemodelan pada kondisi eksisting Simbang Kentungan menunjukkan volume lalu lintas tertinggi terjadi pada jam 16.45 – 17.45 WIB di semua lengan. Jenis kendaraan yang paling banyak melewati simpang tersebut adalah jenis kendaraan sepeda motor (MC). Hasil pemodelan kondisi eksisting menunjukkan tingkat pelayanan jalan (level of service) berada pada nilai F (>60 detik) berdasarkan nilai tundaan sebesar 104,79 detik dan panjang antrian sebesar 82,08 meter.
- Pemodelan dengan merubah desain geometrik dari simpang sebidang menjadi simpang tak sebidang berbentuk SPUI Default. Hasil yang didapat dari pemodelan Simbang SPUI Default adalah tingkat penilaian jalan yang berubah menjadi D (25,1 – 40,0 detik) berdasarkan nilai tundaan yang dihasilkan adalah sebesar 32,54 detik dan panjang antrian sebesar 39,46 meter.
- Pemodelan Simbang SPUI Modifikasi, maksudnya adalah dari hasil pemodelan Simbang SPUI Default kemudian di rancang ulang menyesuaikan kondisi lalu lintas dengan cara merubah dimensi dari beberapa ruas jalan menggunakan metode *trial and*

error, sehingga mendapat hasil yang lebih baik dibanding pemodelan Simbang SPUI Default. Hasil yang didapat dari Simbang SPUI Modifikasi adalah tingkat penilaian jalan yang berubah menjadi D (25,1 – 40,0 detik) berdasarkan nilai tundaan yang dihasilkan adalah sebesar 30,3 detik dan panjang antrian sebesar 21,89 meter.

Dari kesimpulan tersebut kemudian dibuat tabel perbandingan agar lebih mudah untuk dipahami seperti pada tabel 5

Tabel 5 Perbandingan hasil output ketiga jenis pemodelan

Hasil Pemodelan	Panjang Antrian	Nilai Tundaan	LOS
Kondisi eksisting	82,08 meter	104,79 detik	F
SPUI Default	39,46 meter	32,54 detik	D
SPUI Modifikasi	21,89 meter	30,3 detik	D

8. Daftar Pustaka

- AASHTO, 2001, ISBN 1-56051-156-7: *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, American Association of State Highway and Transportation, Washington, D.C.
- Aryandi, R.D., dan Munawar, A., Penggunaan Software VISSIM untuk Analisis Simbang Bersinyal (Studi Kasus Simbang Mirota Kampus Terban Yogyakarta), *Proceeding of*

- the 17th FSTPT International Symposium, Jember, 22-24 Agustus 2014, 338-347.
- Bared, J. G., Powell, A., dan Kaiser, E., 2003, Traffic Planning Models for Single- Point and Tight Diamond Interchanges, *Transportation Research Record 1847*, 52-57.
- Bared, J., Powell, A., Kaiser, E., dan Jagannathan, R., 2005, Crash Comparison of Single Point and Tight Diamond Interchanges, *Journal of Transportation Engineering*, 131(5), 379-381.
- Bina Marga, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Bina Marga, 2014, *Peraturan Kapasitas Jalan Indonesia*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Bonneson, J.A., 1992, Change Intervals and Lost Time at Single-Point Urban Interchanges, *Journal of Transportation Engineering*, 118(5), 631-650.
- Fang, F. C., 2009, Simulation Modeling of Traffic Operations at Single Point and Diamond Urban Interchanges, *Proceeding of the 8th International Conference of Chinese Transportation and Logistics Professional.*, Chengdu, 31 Juli-3 Agustus, 3810-3815.
- Fang, F.C., dan Elefteriadou, L., 2005, Some Guidelines for Selecting Microsimulation Models for Interchange Traffic Operational Analysis, *Journal of Transportation Engineering*, 131, 535-543.
- 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.
- Idyanata, D., 2013, Evaluasi Geometrik dan Pengaturan Lampu Lalu Lintas pada Simpang Empat Polda Pontianak, *Jurnal Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, 13(1), 191-201.
- 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.
- Jha, A., 2013, L Capacity Evaluation of AT-Grade Intersection, *International Journal of Science and Research*, 4(7), 2019-2022.
- Jones, E. G., dan Selinger, M.J., 2003, Comparison of Operations of Single-Point and Tight Urban Diamond Interchanges, *Transportation Research Record 1847*, 03(2611), 29-35.
- Khisty dan Lall., 2005, *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi*, Jakarta: Erlangga.
- Lestari, M. D., 2016, *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal pada Simpang Empat Ring Road Jalan Kaliurang*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia.
- Permana, E., 2018, *Pemodelan Simpang Bersinyal Akibat Perubahan Urutan Fase dengan Software PTV.VISSIM pada Simpang Empat Bersinyal Senopati Yogyakarta*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Peraturan Menteri Nomor 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas.
- Putranto, L. S., 2013, *Rekayasa Lalu-Lintas*, Edisi 2, Indeks, Jakarta.
- PTV VISION., 2016, *PTV VISSIM 9 User Manual*, PTV AG, Karlsruhe.
- Setiawan, R., 2012, Desain Geometri Persimpangan dan Akses Kampus Universitas Kristen Petra, *Jurnal Transportasi*, 2, 43-52.
- Tahur, A., dan Hidayat, N., 2009, Efektifitas Simpang Bersinyal dengan Sistem Pengaturan Dua Fase pada Jalan Utama di Kota Palu, *Majalah Ilmiah Mektek*, September, 201-209.
- Tamin, O. Z., 2000, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, ITB PRESS, Bandung.
- HCM, 2001, ISBN 0-309-06681-6: *Highway Capacity Manual 2000*, Transportation Research Board , United States.
- Yusup, M., 2017, *Analisis Biaya Kemacetan menggunakan Software VISSIM 9 pada Simpang APILL Condong Catur Sleman Yogyakarta*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Indonesia.