

**KALIBRASI VISSIM UNTUK MIKROSIMULASI ARUS LALU LINTAS TERCAampur
PADA SIMPANG BERSINYAL
(STUDI KASUS: SIMPANG TUGU, YOGYAKARTA)**

**CALIBRATION OF VISSIM FOR MIXED TRAFFIC MICROSIMULATION
AT SIGNALIZED INTERSECTION
(A CASE OF TUGU INTERSECTION, YOGYAKARTA)**

Muhammad Zudhy Irawan dan Nurjannah Haryanti Putri

Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika 2, Kampus UGM, Yogyakarta, Indonesia

email: zudhyirawan@ugm.ac.id

Diterima: 10 Juni 2015; Direvisi: 23 Juni 2015; disetujui: 17 Juli 2015

ABSTRAK

Bercampurnya berbagai jenis kendaraan di ruas jalan yang didominasi oleh sepeda motor menjadikan analisis karakteristik lalu lintas dengan metode mikroskopik menjadi lebih sesuai karena metode ini memperlakukan setiap jenis kendaraan sebagai individu itu sendiri. Namun, perilaku pengemudi di Indonesia yang khas mengharuskan proses penyesuaian (kalibrasi) yang lebih detail. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah standar proses kalibrasi di simpang bersinyal dengan perangkat lunak VISSIM sedemikian sehingga kondisi nyata di lapangan dapat secara tepat direpresentasikan di model simulasi. Simpang Tugu di Kota Yogyakarta dipilih sebagai sebuah studi kasus. Proses kalibrasi dilakukan secara trial and error dengan mempertimbangkan perilaku pengemudi yang agresif sehingga menyerupai kondisi di Indonesia. Terdapat dua variabel yang diamati kesesuaiannya pada penelitian ini, yaitu jumlah volume lalu lintas yang dibangkitkan, dan panjang antrian di masing-masing lengan simpang untuk setiap siklusnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter-parameter yang perlu dikalibrasi di perangkat lunak VISSIM adalah pemilihan lajur jalan yang digunakan pada kondisi arus bebas (*desired position at free flow*), perilaku pengemudi yang dapat menyiap kendaraan lain (*overtaking*), sudut belok kendaraan saat keluar dari pendekat simpang (*turning movement*), dan jarak antara kendaraan baik pada saat berhenti maupun pada saat memasuki pendekat simpang (*distance standing, distance driving, average standstill distance, additive part of safety distance, dan multiplicative part of safety distance*).

Kata kunci: multimoda, simpang bersinyal, mikrosimulasi, arus tercampur, VISSIM.

ABSTRACT

A mix traffic characteristic dominated by motorcycle on the road causes microsimulation model becomes a more appropriate method in traffic analyzing since the easiness to adjust several parameters especially in regards to the driver behavior. This research aims to determine parameters standard for signalized intersection in VISSIM such that the field conditions can be appropriately represented in the simulation model. A Tugu Intersection was chosen as a case study. There were two variables calibrated in this study: traffic volume generated by VISSIM and queue length at signalized intersection in each cycle time. The calibration process was carried out by trial and error. The results show that parameters that must be calibrated consist of the parameter of desired position at free flow, overtaking, turning movement, and vehicle distance (*standing distance, distance driving, average standstill distance, additive part of safety distance, and multiplicative part of safety distance*).

Keywords: multimodal, signalized intersection, microsimulation, mixed traffic, VISSIM.

PENDAHULUAN

Kondisi arus lalu lintas di Indonesia yang terdiri dari beberapa moda transportasi seperti sepeda motor, bus, mobil, becak maupun andong/dokar pada suatu ruas jalan dengan arus lalu lintas yang bercampur (*mixed traffic*) menjadikan karakteristiknya berbeda dengan negara-negara maju yang mayoritas didominasi oleh kendaraan roda empat. Hampir di semua kota di Indonesia menunjukkan bahwa komposisi sepeda motor dalam arus lalu lintas sangat tinggi, bahkan mendekati 90% dari total kendaraan yang ada di jalan

raya. Pada kondisi tersebut, sepeda motor melakukan pola perilaku tertentu yang umumnya lebih kompleks daripada pola kendaraan roda empat. Sepeda motor sering kali berjalan di lintasan yang tidak menentu dan sering tidak mengikuti aturan lalu lintas.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan mikrosimulasi arus lalu lintas di simpang bersinyal pada kondisi *mixed traffic* dengan menggunakan perangkat lunak VISSIM. Kemudian, dilakukan proses kalibrasi dan validasi dengan menyesuaikan perilaku pengemudi di Indonesia, khususnya di Kota

Yogyakarta. Beberapa variabel yang akan dikalibrasi adalah perilaku pengemudi pada saat menyiap, perilaku pengemudi pada saat mencari celah untuk berhenti di mulut simpang bersinyal, jarak antar kendaraan baik pada saat berhenti maupun berjalan, dan sudut belok kendaraan pada saat keluar dari mulut simpang. Simpang Empat Bersinyal Tugu Yogyakarta dipilih sebagai studi kasus, dengan pertimbangan bahwa di simpang tersebut dilewati oleh berbagai macam jenis kendaraan, dan dengan perilaku pengemudi untuk masing-masing moda kendaraan yang bersifat kompleks (seperti menyiap dari sisi kiri dan kanan, dan *gap* kendaraan yang sangat dekat). Perilaku pengemudi disimulasikan berdasarkan pada jenis kendaraan yang melewati simpang tersebut yang terdiri dari sepeda motor, motor bak, sepeda, becak, andong, sedan, *city car*, MPV, SUV, mobil bak, mobil box, bus kecil, bus besar, truk 2 gandar, dan truk 3 gandar.

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam melakukan peningkatan lalu lintas dibutuhkan pemodelan suatu jaringan jalan yang benar. Menurut Krajzewicz et al. (2002), meskipun lalu lintas dapat dijelaskan oleh waktu keberangkatan dan rute dengan jangka waktu tertentu, namun lalu lintas sangat dikondisikan oleh keinginan individu untuk mobilitas yang membentuk sekitar 65% dari lalu lintas. Selain itu faktor cuaca dan infrastruktur di kawasan tertentu juga dapat mempengaruhi sistem. Oleh karena itu simulasi merupakan satu-satunya cara untuk menunjukkan titik lemah dari jaringan jalan atau memprediksi lalu lintas. Sedangkan menurut Aghabayk et al. (2013), model simulasi lalu lintas telah menjadi alat penting dan populer dalam pemodelan sistem transportasi karena prosesnya yang cepat dengan menggunakan komputer. Salah satu keuntungan besar menggunakan pemodelan simulasi tersebut adalah dapat menilai alternatif yang berbeda dengan skenario sebelum implementasi. Model simulasi lalu lintas dapat dibagi menjadi tiga kategori yaitu makroskopik, mesoskopik dan mikroskopik.

Makroskopik, melakukan simulasi jaringan transportasi secara *section-by-section*. Hubungan antara arus, kecepatan dan kepadatan arus lalu lintas menjadi dasar fundamental dalam makrosimulasi.

Mesoskopik, model simulasi yang menggabungkan sifat makroskopik dan mikroskopik.

Mikroskopik, melakukan simulasi pergerakan kendaraan individu dalam arus lalu lintas. *Car following model* (model pembuntutan kendaraan) dan *lane changing* (model berpindah lajur) adalah dua komponen dasar dalam lalu lintas mikrosimulasi.

VISSIM adalah sebuah program simulasi mikroskopis yang digunakan untuk memodelkan arus

lalu lintas multi-moda. Perangkat lunak ini dapat melakukan simulasi untuk daerah perkotaan dan jalan raya lalu lintas, termasuk pejalan kaki, pengendara sepeda dan kendaraan bermotor. Aryandi (2014) melakukan penelitian menggunakan VISSIM dengan studi kasus di Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta. Dengan menginput data geometrik simpang, *volume* lalu lintas dan waktu sinyal, dapat dihasilkan data *output* berupa panjang antrian. Hasil tersebut kemudian dijadikan sebagai parameter dalam pengkalibrasian. Panjang antrian maksimum, minimum dan rata-rata hasil dari pemodelan dibandingkan dengan hasil dari pengamatan langsung di lapangan. Setelah tahap kalibrasi dan validasi, dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara simulasi dengan hasil di lapangan, namun terdapat perbedaan yang cukup signifikan pada deviasi (penyebaran) hasil antrian. Namun penelitian ini hanya mempertimbangkan satu lengan di simpang dan mengabaikan lengan yang lain. Penelitian ini juga tidak melihat panjang antrian per waktu siklusnya.

Diantara beberapa penelitian yang sudah dilakukan mengenai kalibrasi VISSIM, Fellendorf dan Vortisch (2001) membahas secara khusus proses kalibrasi di model pembuntutan kendaraan (*car following model*) dan perilaku pengendara (*driver behavior*). Pada penelitiannya, juga dibahas secara mendetail mengenai model perilaku pengendara berdasarkan teori Wiedemann. Sedangkan untuk proses kalibrasinya, Park dan Schneeberger (2003) mendasarkannya pada perbandingan waktu tempuh antara hasil model dengan kondisi lapangan. Menurut Siddharth dan Ramadurai (2013), parameter untuk kalibrasi yang dapat dimodifikasi pada VISSIM adalah parameter perilaku pengemudi, distribusi kecepatan dan percepatan/perlambatan kendaraan. Penelitian yang dilakukan dengan menggunakan analisis sensitivitas *Analysis of Variance* (ANOVA) dan *Elementary Effects* ini hanya mengubah 5 parameter (Model Wiedemann 74) yang sensitif yaitu *minimum headway* (jarak minimal antar kendaraan), *average standstill distance* (jarak rata-rata antara dua kendaraan berurutan saat berhenti di simpang), *additive part of safety distance and multiplicative part of safety distance* (faktor untuk menjaga jarak aman antar kendaraan) dan *minimum lateral distance-bike at 0 kmph* (jarak lateral minimal pada saat kendaraan berhenti). Setelah dilakukan kalibrasi, parameter-parameter sensitif tersebut menunjukkan pengaruh pada simulasi secara signifikan yang diukur berdasarkan hasil uji statistik menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Sedangkan menurut Menneni (2008), metode dalam melakukan kalibrasi secara luas dapat diklasifikasikan menjadi

kualitatif dan kuantitatif. Dalam metode kualitatif, penelitian bergantung pada persepsi masing-masing orang untuk memutuskan apakah model simulasi sudah mendekati kenyataan atau belum. Sedangkan metode kuantitatif didasarkan pada matematika dan statistika yaitu mengukur perbedaan antara model simulasi dan observasi dengan berbagai uji statistik seperti *Mean Absolute Error (MAE)*, *Mean Absolute Error Ratio (MAER)*, *Root Mean Squared Root (RMSE)*, *Mean Percentage Error (MPE)*, *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*, *Root Mean Squared Percentage Error (RMSPE)*, *Root Relative Square Error (RRSE)*, *Relative Absolute Error (RAE)*.

A. 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. Pada VISSIM dapat diatur sifat perilaku pengemudi dengan menentukan parameter-parameternya berdasarkan *car following model and following behavior* (model pembuntutan kendaraan dan perilaku pembuntutan), *lane change behavior* (perilaku berpindah lajur), *lateral behavior* (perilaku menjaga jarak lateral antar kendaraan) dan *behavior at signal controllers* (perilaku pengemudi saat di simpang bersinyal).

Car following model merupakan perilaku pengemudi dalam mengikuti kendaraan satu sama lain. Model arus lalu lintas VISSIM yang memiliki sifat stokastik dan berdasarkan tahapan waktu ini memperlakukan satu unit kendaraan sebagai suatu individu, sehingga disediakan tiga model *car following* dalam mengatur perilaku pengemudi pada pemodelan, yaitu *No interaction*, *Wiedemann 74* dan *Wiedemann 99*. *No interaction* digunakan untuk kendaraan yang tidak mengenali kendaraan lainnya. Model *Wiedemann 74* cocok untuk lalu lintas perkotaan dan daerah-daerah gabungan (*Wiedemann, 1974*). Sedangkan model *Wiedemann 99* cocok untuk jalan bebas hambatan tanpa adanya penggabungan daerah (*Wiedemann, 1999*). Model arus lalu lintas *Wiedemann* didasarkan pada pengelompokan empat perilaku pengemudi, yaitu (1) berkendara pada kondisi arus bebas (*free driving*), (2) berkendara pada saat memasuki simpang (*approaching*) yang mana terjadi penurunan kecepatan kendaraan, (3) berkendara pada kondisi arus tidak bebas (*following*) sehingga kecepatan kendaraan yang diinginkan mengikuti kecepatan kendaraan yang lain, dan (4) pengereman (*braking*).

Following behavior merupakan perilaku pengemudi dalam menjaga jarak aman depan dan belakang antara satu kendaraan dengan kendaraan lain. Pada model *Wiedemann 74* untuk daerah perkotaan, terdapat tiga parameter yang tersedia yaitu 1.) *average standstill distance (ax)* untuk menentukan jarak rata-rata antara dua kendaraan berurutan pada saat berhenti di simpang dengan nilai dasarnya (*default*) adalah 2 meter; 2.) *additive part of safety distance (bx_add)* dengan nilai yang digunakan dalam perhitungan jarak aman sebesar d ; dan 3.) *multiplicative part of safety distance (bx_mult)* dengan nilai yang digunakan dalam perhitungan jarak aman sebesar d .

Jarak d dihitung dengan:

$$d = ax + bx \quad (1)$$

dengan:

ax = *average standstill distance*

$bx = (bx_add + bx_mult * z) * v$

v = *vehicle speed (m/s)*

z = *value of range (0,1)* yang terdistribusi normal sekitar 0,5 dengan standar deviasi 0,15. *Lane change behavior* merupakan perilaku pengemudi dalam memilih lajur kosong untuk meminimalkan jarak dan waktu.

Lateral behavior merupakan perilaku pengemudi dalam menjaga jarak aman samping antara satu kendaraan dengan kendaraan lain.

Behavior at signal controller merupakan perilaku pengemudi saat berada di area persinyalan, yaitu tetap melaju ataupun berhenti.

B. Kecepatan Kendaraan

Kecepatan adalah jarak yang dapat ditempuh suatu kendaraan pada suatu ruas jalan per satuan waktu. Terdapat beberapa metode untuk mendapatkan kecepatan kendaraan, yaitu:

1. *Spot speed*, kecepatan kendaraan di suatu titik pada ruas jalan tertentu;
2. *Running speed*, kecepatan rata-rata kendaraan selama bergerak;
3. *Journey speed*, kecepatan rata-rata kendaraan yang dihitung dari jarak yang ditempuh dibagi dengan waktu yang dibutuhkan, termasuk waktu menunggu dan berhenti.

Pada VISSIM, distribusi kecepatan masing-masing kendaraan dapat ditentukan sesuai kondisi yang sewajarnya dengan memasukkan data kecepatan minimum dan maksimum serta nilai proporsionalnya. Ada pula pengaturan percepatan dan perlambatan kendaraan guna menyempurnakan performa dari tiap jenis kendaraan yang disimulasikan. Untuk pengukuran atau pembacaan hasil kecepatan kendaraan,

VISSIM mengacu pada teori *spot speed* dan *journey speed*.

C. Validitas dan Reliabilitas

Validitas dan reliabilitas merupakan pengujian yang dilakukan setelah kalibrasi selesai. Validitas adalah suatu ukuran yang menunjukkan tingkat kevalidan atau kesahihan suatu instrumen. Sedangkan reliabilitas adalah konsistensi dari serangkaian pengukuran bila dilakukan secara berulang. Validasi dapat dilakukan dengan berbagai cara sesuai dengan parameter yang ingin diuji. Karena tidak semua metode dapat cocok dengan seluruh parameter (Siddharth and Ramadurai, 2013)

Pada penelitian ini diambil dua metode untuk validasi, yaitu dengan rumus dasar R^2 dan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*. Uji R^2 digunakan untuk menentukan seberapa besar perbedaan hasil lapangan dengan hasil simulasi, dimana semakin nilai R^2 nya menjauhi 1 dan mendekati 0, maka perbedaannya semakin besar. Sedangkan *MAPE* yang juga dikenal sebagai rata-rata deviasi persentase absolut tersebut adalah persentase perbedaan antara data yang sebenarnya dengan data perkiraan. Parameter yang dilakukan validasi adalah jumlah volume arus lalu lintas, panjang antrian dan kecepatan kendaraan.

Dalam melakukan validasi menggunakan jumlah volume arus lalu lintas menurut Gustavsson (2007), metode terbaik untuk membandingkan data *input* dan *output* simulasi adalah dengan menggunakan rumus statistik *GEH*. *GEH* adalah singkatan dari *Geoffrey E. Havers* yaitu nama dari penemu rumus tersebut. *GEH* merupakan rumus statistik modifikasi dari *Chi-squared* dengan menggabungkan perbedaan antara nilai relatif dan mutlak. Rumus *GEH* berikut ini memiliki ketentuan khusus dari nilai *error* yang dihasilkan seperti pada Tabel 1.

$$GEH = \sqrt{\frac{(q_{simulated} - q_{observed})^2}{0,5 \times (q_{simulated} + q_{observed})}} \quad (2)$$

q = data *volume* arus lalu lintas (kendaraan/jam)
Selain validasi untuk jumlah volume arus lalu lintas yang menggunakan rumus statistik *GEH*, digunakan validasi menggunakan *MAPE* untuk

ketiga variabel. Rumus *MAPE* adalah sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \times 100\% \quad (3)$$

dimana,

n = banyaknya/jumlah data;

A_t = data di lapangan/observasi;

F_t = data simulasi.

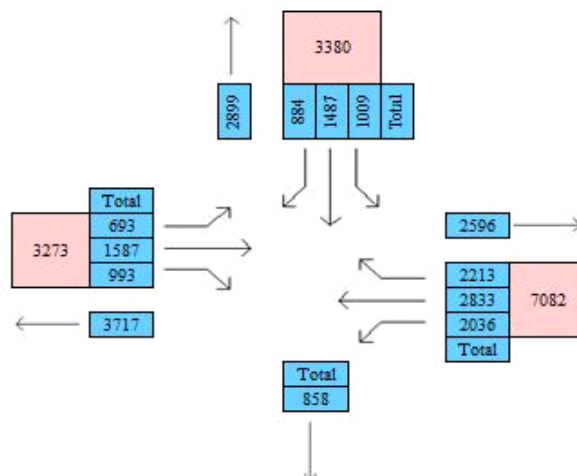
METODE PENELITIAN

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, penelitian dilakukan dengan memilih Simpang Tugu Yogyakarta sebagai sebuah studi kasus. Waktu survei dilaksanakan pada Hari Senin saat jam puncak sore, yang didasarkan pada pengamatan awal di lapangan yang menunjukkan bahwa pada saat periode tersebut merupakan jam paling sibuk yang berdampak pada karakteristik pengemudi yang lebih kompleks. Secara garis besar, tahapan yang dilalui dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meng-*input background* dan membuat jaringan jalan, dengan menggunakan foto udara sebagai patokan dalam menggambarkan *layout* simpang dan membuat jaringan jalan pada VISSIM;
2. Menentukan jenis kendaraan, meng-*input* komposisi kendaraan dan jumlah kendaraannya, yang didapatkan dari survei lapangan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 untuk distribusi pergerakan arus lalu lintas di simpang dan Tabel 2 untuk prosentase jenis kendaraannya;
3. Meng-*input* kecepatan kendaraan, yang didapatkan dari hasil survei yang terdiri dari kecepatan kendaran rerata dan standar deviasinya. Perlu diperhatikan bahwa untuk data kecepatan kendaraan yang akan melewati Simpang Tugu didapatkan dengan menggunakan metode *spot speed* dimana jarak tinjauannya sejauh 50 meter, sehingga jika tercatat waktu tempuh kendaraan adalah 10 detik maka dapat diketahui kecepatan kendaraan tersebut adalah 5 meter/detik atau 18 kilometer/jam. Sedangkan lokasi pengukuran kecepatan ditentukan pada suatu titik sebelum simpang yang dipastikan tidak terganggu oleh panjang antrian simpang. Kecepatan kendaraan rata-rata untuk masing-masing jenis kendaraan yang melewati Simpang Tugu ditunjukkan pada Tabel 3. Namun perlu

Tabel 1. Standar Perhitungan Persamaan GEH

GEH < 5,0	Diterima
5,0 ≤ GEH ≤ 10,0	peringatan: kemungkinan model eror atau data buruk
GEH > 10,0	Ditolak



Gambar 1. Distribusi Arus Lalu Lintas di Simpang Tugu (Kendaraan per Jam).

Tabel 2. Prosentase Jenis Kendaraan

Jenis Kendaraan	Komposisi Kendaraan			
	Barat	Utara	Timur	Rerata
Sepeda Motor	0,815	0,868	0,800	0,828
Motor Bak	0,005	0,000	0,006	0,004
Sepeda	0,015	0,005	0,006	0,009
Becak	0,007	0,004	0,001	0,004
Andong	0,000	0,000	0,000	0,000
Sedan	0,025	0,017	0,029	0,024
City Car	0,029	0,028	0,038	0,032
MPV	0,061	0,049	0,077	0,062
SUV	0,018	0,015	0,021	0,018
Mobil Bak	0,008	0,006	0,013	0,009
Mobil Box	0,010	0,005	0,005	0,007
Bus Kecil	0,004	0,001	0,003	0,003
Bus Besar	0,000	0,001	0,000	0,000
Truk 2 gandar	0,002	0,001	0,002	0,002
Truk 3 gandar	0,000	0,000	0,000	0,000



Gambar 2. Diagram Fase Sinyal Lalu Lintas Simpang Tugu.

- dicatat bahwa pada beberapa jenis moda kendaraan seperti andong, bus besar, dan truk 3 gandar yang hanya didapati satu kendaraan saja selama waktu pengamatan, maka nilai standar deviasi akan sama dengan nol (kecepatan untuk jenis kendaraan tersebut adalah konstan).
- Menentukan rute perjalanan dan sudut belok di simpang;
 - Mengatur dan menempatkan sinyal lalu lintas sebagaimana yang ada di lapangan yang ditunjukkan pada Gambar 2;
 - Melakukan kalibrasi dan validasi, dengan melihat jumlah kendaraan yang dibangkitkan oleh VISSIM dan panjang antrian tiap lengan simpang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah menginput data yang sudah diolah, langkah selanjutnya adalah *me-running* mikrosimulasi transportasi multi moda dan melakukan proses kalibrasi dan validasi. Kalibrasi dilakukan dengan mengubah parameter-parameter perilaku pengemudi secara *trial and error* yang mengacu pada beberapa penelitian

Tabel 3. Kecepatan Kendaraan

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan Teramati	Kecepatan (km/j)	
		Rerata	Standar Deviasi
Sepeda Motor	15	34,6	0,63
Motor Bak	7	26,8	0,77
Sepeda	15	15,3	2,97
Becak	11	9,2	5,11
Andong	1	13,0	0
Sedan	15	29,1	1,22
City Car	15	31,6	0,74
MPV	15	32,6	1,16
SUV	15	32,0	1,30
Mobil Bak	15	28,1	1,57
Mobil Box	9	31,5	2,14
Bus Kecil	11	24,3	1,39
Bus Besar	1	32,5	0
Truk 2 gandar	10	31,9	0,76
Truk 3 gandar	1	19,9	0

sebelumnya mengenai kalibrasi dan validasi menggunakan VISSIM. Kalibrasi dilakukan hingga mencapai hasil yang mendekati data observasi. Nilai parameter diubah sesuai dengan perkiraan kondisi di lapangan yang berlaku. Perubahan parameter atau proses *trial and error* dalam kalibrasi model simulasi yang dilakukan dapat ditunjukkan pada Tabel 4.

Selama proses kalibrasi, validasi dilakukan untuk menguji kebenaran kalibrasi yang telah dilakukan. Validasi dengan metode *GEH* (*Geoffrey E. Havers*) digunakan untuk variabel volume arus lalu lintas dengan menggunakan Persamaan 2, sedangkan metode *MAPE* (*Mean Absolute Percentage Error*) digunakan untuk variabel volume arus lalu lintas dan panjang antrian dengan menggunakan Persamaan 3. Selain itu juga dilakukan uji R^2 untuk membandingkan panjang antrian hasil simulasi dengan kondisi riil di lapangan. Tabel 5 dan Gambar 3 secara berturut-turut menunjukkan hasil uji *GEH* dan *MAPE* pada masing-masing tahap kalibrasi yang telah dilakukan.

Sedangkan perbandingan panjang antrian di masing-masing lengan pada akhir lampu merah di setiap siklusnya selama 1 jam ditunjukkan pada Gambar 4 sebagai berikut. Dengan melakukan uji R^2 antara hasil model dengan kondisi nyata di lapangan, maka didapatkan nilai $R^2 = 0,9985$ untuk lengan barat, $R^2 = 0,9825$ untuk lengan utara dan $R^2 = 0,9713$ untuk lengan timur. Sebagaimana yang telah diterangkan sebelumnya, nilai R^2 yang mendekati 1,00 mengindikasikan bahwa panjang antrian hasil simulasi

VISSIM merepresentasikan panjang antrian di lapangan sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Secara visualisasi, hasil pemodelan simulasi sebelum dikalibrasi dan setelah di kalibrasi ditampilkan pada Gambar 5.

Sesuai Persamaan (1), dari perubahan terhadap parameter-parameter yang telah diberikan tersebut didapatkan bahwa jarak aman yang ditetapkan pada model simulasi adalah sebesar d , dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Average standstill distance (ax)} = 0,6 \text{ meter}$$

$$\text{Additive part of safety distance (bx_add)} = 0,6 \text{ meter}$$

$$\text{Multiplicative part of safety distance (bx_mult)} = 1,0 \text{ meter}$$

$$\text{Rerata kecepatan kendaraan ringan pada kalibrasi akhir (v)} = 23,14 \text{ km/jam}$$

$$bx = (bx_add + bx_mult * z) * \sqrt{v}$$

$$= (0,6 + 1,0 * 0,1) * \sqrt{23,14} = 3,37 \text{ meter}$$

$$d = ax + bx$$

$$= 0,6 + 3,37$$

$$= 3,97 \text{ meter} \gg 4,0 \text{ meter}$$

Sehingga didapatkan bahwa jarak aman antara satu kendaraan dengan kendaraan lain secara depan belakang (*following*) yang ditetapkan pada model simulasi akhir adalah sebesar 4 meter. Jarak tersebut dalam keadaan sesungguhnya di lapangan sangat memungkinkan, karena pada saat mengemudi

Tabel 4. Proses Kalibrasi pada VISSIM

Kalibrasi Ke-	Parameter yang diubah	Nilai	
		Sebelum	Sesudah
0	Default	-	-
1	1. <i>Desired position at free flow</i> (lajur jalan yang diinginkan oleh pengendara saat kondisi arus bebas);	<i>Middle of lane</i> (lajur tengah)	Any (dimanapun/acak)
	2. <i>Overtake on same lane: on left and on right</i> (dapat menyiap dari lajur manapun).	Off	On
2	(lanjut dari trial ke-1)		
	1. <i>Distance standing in meter</i> (Jarak antar kendaraan pada saat berhenti);	1 meter	20 centimeter
3	2. <i>Distance driving in meter</i> (Jarak antar kendaraan pada saat mendekati mulut simpang).	1 meter	0,4 meter
	(lanjut dari trial ke-2)		
4	1. <i>Average standstill distance</i> (jarak antar kendaraan berurutan saat berhenti di simpang);	2 meter	1 meter
	2. <i>Additive part of safety distance</i> (koefisien penambah jarak aman);	2 meter	1 meter
	3. <i>Multiplicative part of safety distance</i> (koefisien pengali jarak aman).	3	2
5	(lanjut dari trial ke-3)		
	1. <i>Average standstill distance</i> (jarak antar kendaraan berurutan saat berhenti di simpang);	1 meter	0,5 meter
	2. <i>Additive part of safety distance</i> (koefisien penambah jarak aman);	1 meter	0,5 meter
6	3. <i>Multiplicative part of safety distance</i> (koefisien pengali jarak aman).	2	1
	(lanjut dari trial ke-4)		
7	1. Adanya <i>obstacles</i> berupa Monumen Tugu yang mempengaruhi sudut belok kendaraan.	Tidak ada	Ada
	(lanjut dari trial ke-5)		
	1. <i>Average standstill distance</i> (jarak antar kendaraan berurutan saat berhenti di simpang);	0,5 meter	0,55 meter
8	2. <i>Additive part of safety distance</i> (koefisien penambah jarak aman);	0,5 meter	0,55 meter
	3. <i>Multiplicative part of safety distance</i> (koefisien pengali jarak aman).	1	1
9	(lanjut dari trial ke-6)		
	1. <i>Average standstill distance</i> (jarak antar kendaraan berurutan saat berhenti di simpang);	0,55 meter	0,6 meter
	2. <i>Additive part of safety distance</i> (koefisien penambah jarak aman);	0,55 meter	0,6 meter
10	3. <i>Multiplicative part of safety distance</i> (koefisien pengali jarak aman).	1	1

diperlukan suatu jarak untuk mengantisipasi perhentian secara mendadak.

Jika dibandingkan antara kondisi sebelum dilakukan kalibrasi dengan setelah dilakukan kalibrasi, maka terdapat perbedaan yang sangat signifikan baik pada panjang antriannya maupun total volume lalu lintas yang ada. Tabel 6 dan Tabel 7 secara berturut-turut menunjukkan rata-rata panjang antrian dan volume lalu lintas selama satu jam baik pada lengan barat, utara, maupun lengan timur Simpang Tugu.

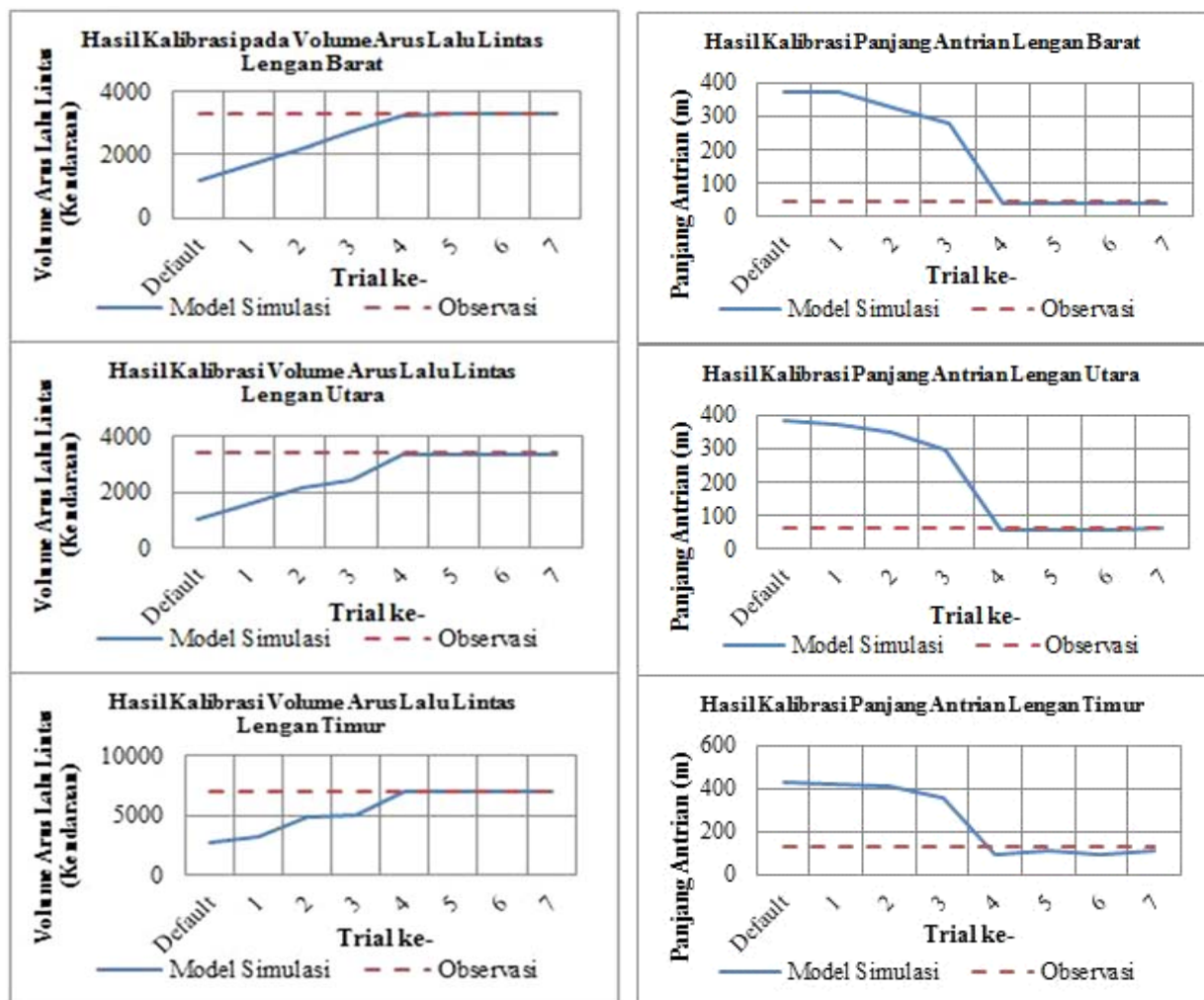
KESIMPULAN

Penelitian ini telah menghasilkan parameter-parameter yang harus dikalibrasi pada saat melakukan mikrosimulasi transportasi multimoda untuk kasus arus

lalu lintas yang tercampur di simpang bersinyal dengan menggunakan perangkat lunak VISSIM. Untuk studi kasus ini, parameter yang perlu dilakukan penyesuaian terdiri dari parameter perilaku pengendara pada kondisi arus bebas (*desired position at free flow = any*), parameter perilaku pengendara pada saat menyiap (*overtake on same lane on left and on right = on*), parameter jarak antar kendaraan pada saat berhenti di lengan simpang bersinyal (*distance standing = 0,2 meter*), parameter jarak antar kendaraan saat memasuki mulut simpang (*distance driving = 0,4 meter*), Rerata jarak antar kendaraan pada saat berhenti (*Average standstill distance = 0,6 meter*), faktor penambah jarak aman (*Additive part of safety distance = 0,6 meter*), dan faktor pengali jarak aman (*multiplicative*

Tabel 5. Hasil Uji GEH pada Proses Kalibrasi

Kondisi	Uji GEH			Kesimpulan
	Barat	Utara	Timur	
Default	44,6	50,9	61,2	Ditolak (Model tidak merepresentasikan kondisi lapangan)
Trial 1	32,5	35,6	52,7	Ditolak (Model tidak merepresentasikan kondisi lapangan)
Trial 2	20,7	23,6	29,3	Ditolak (Model tidak merepresentasikan kondisi lapangan)
Trial 3	10,4	17,9	26,0	Ditolak (Model tidak merepresentasikan kondisi lapangan)
Trial 4	0,8	0,7	0,1	Diterima (Model representasi kondisi nyata di lapangan)
Trial 5	0,0	0,6	0,1	Diterima (Model representasi kondisi nyata di lapangan)
Trial 6	0,0	0,6	0,1	Diterima (Model representasi kondisi nyata di lapangan)
Trial 7	0,0	0,6	0,2	Diterima (Model representasi kondisi nyata di lapangan)

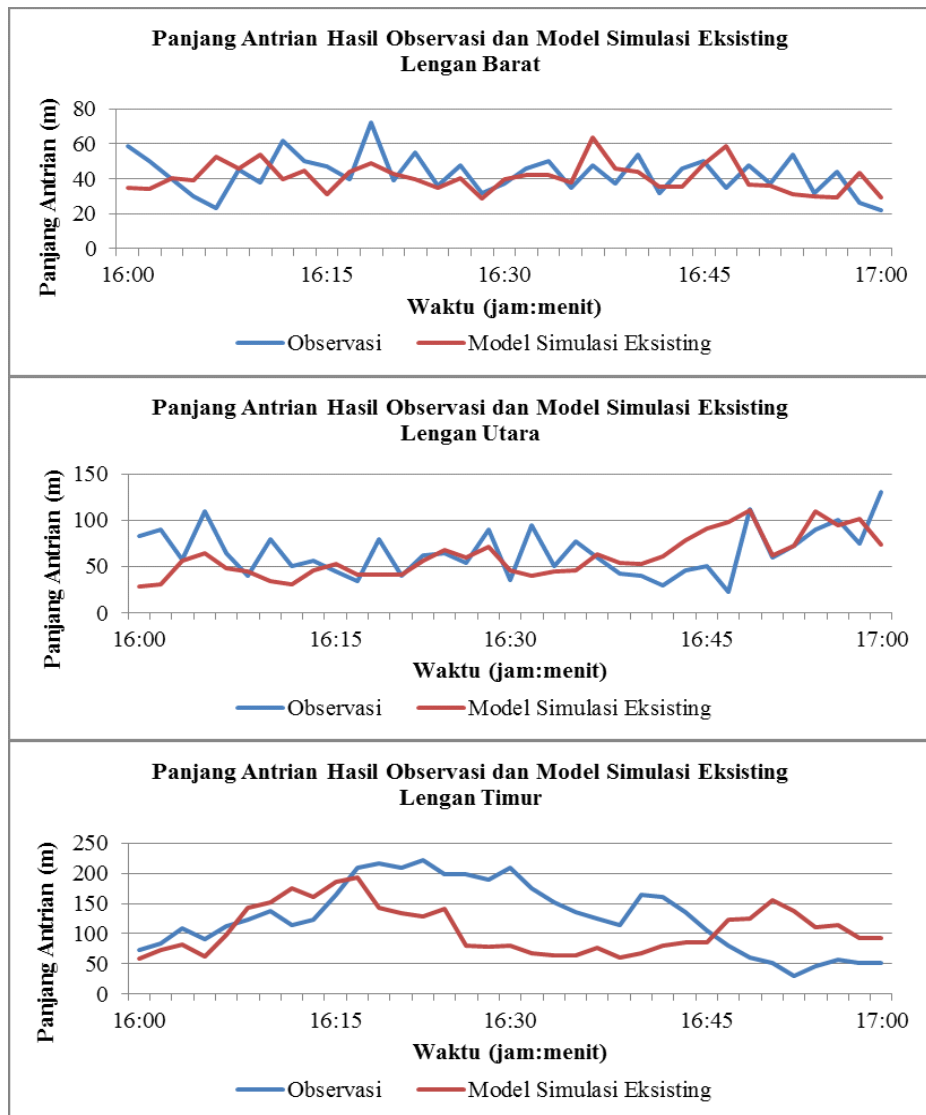


Gambar 3. Hasil Uji MAPE Volume Arus Lalu Lintas dan Panjang Antrian.

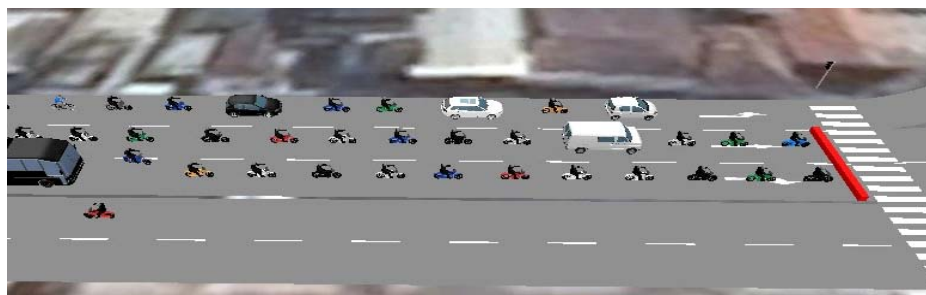
part of safety distance = 1,00).

Dengan menggunakan parameter tersebut di atas, maka panjang antrian hasil simulasi VISSIM tidak berbeda secara signifikan dengan panjang antrian yang ada di lapangan, yang ditunjukkan oleh nilai R^2 sebesar 0,9985 untuk lengan barat, $R^2 = 0,9825$ untuk lengan utara dan $R^2 = 0,9713$ untuk lengan timur. Hal serupa juga ditunjukkan pada nilai volume lalu lintas, dimana uji GEH menunjukkan bahwa $GEH = 0,0$ untuk lengan

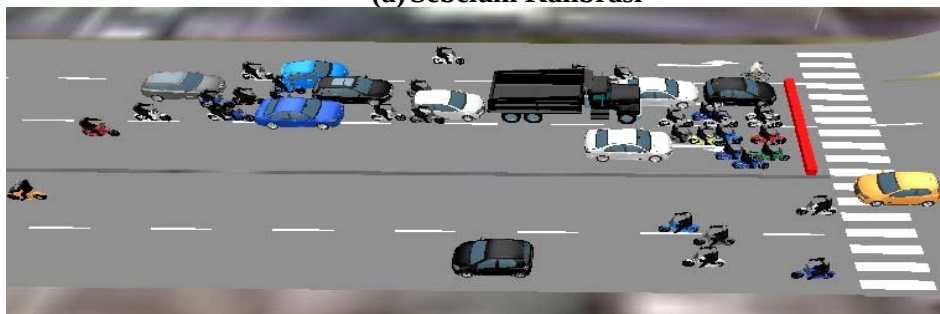
barat ; 0,6 untuk lengan utara ; dan 0,2 untuk lengan timur. Sedangkan untuk uji MAPE, panjang antrian dan volume lalu lintas antara hasil model dengan kondisi lapangan menunjukkan selisih yang tidak terlalu signifikan untuk semua lengan di simpang. Oleh karenanya dapat disimpulkan bahwa dengan merubah parameter-parameter yang disebutkan di atas, maka analisis mikrosimulasi dengan perangkat lunak VISSIM dapat sesuai dengan arus lalu lintas di lapangan



Gambar 4. Perbandingan Panjang Antrian Per-Siklus Hasil Observasi dan Model Simulasi.



(a) Sebelum Kalibrasi



(b) Setelah Kalibrasi

Gambar 5. Tampilan 3D Model Simulasi Simpang Tugu.

Tabel 6. Perbandingan Panjang Antrian Rata-rata Sebelum dan Setelah Proses Kalibrasi

Kondisi		Panjang Antrian (m)		
		Barat	Utara	Timur
Hasil Observasi		43	65	128
Default (Sebelum Dikalibrasi)	Hasil	373	383	426
	Selisih	330	318	298
Kalibrasi Akhir	Hasil	41	60	108
	Selisih	-2	-5	-20

Tabel 7. Perbandingan Volume Lalu Lintas Sebelum dan Setelah Proses Kalibrasi

Kondisi		Jumlah Kendaraan		
		Barat	Utara	Timur
Hasil Observasi		3273	3380	7082
Default (Sebelum Dikalibrasi)	Hasil	1170	997	2782
	Selisih	-2103	-2383	-4300
Kalibrasi Akhir	Hasil	3275	3344	7069
	Selisih	2	-36	-13

khususnya untuk studi kasus pada Simpang Bersinyal Tugu di Kota Yogyakarta.

SARAN

Nilai dari masing-masing parameter tersebut belum tentu cocok apabila diimplementasikan untuk kawasan simpang bersinyal yang lain. Namun nilai dari setiap parameternya tidak akan jauh berbeda dengan yang sudah ditentukan di dalam penelitian ini. Juga, parameter yang perlu disesuaikan adalah cukup parameter yang sudah ditunjukkan dari hasil penelitian ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Manajemen Transportasi Multimoda atas kesempatan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat diterbitkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aghabayk, K., Sarvi, M., Young, W., Kautzsch, L. 2013. *A Novel Methodology for Evolutionary Calibration of Vissim by Multy-Threading*. Australasian Transport Research Forum 2013 Proceedings.
- Aryandi, R.D."Penggunaan Software VISSIM untuk Analisis Simpang Bersinyal". Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, 2014.

- Fellendorf, M. and Vortisch P. 2001. *Validation of the Microscopic Traffic Flow model VISSIM in different Real World Situations*. 80th Annual Meeting Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C.
- Gustavsson, F.N. *New Transportation Research Progress*. New York: Nova Science Publishers, Inc., 2007.
- Krajzewicz, D., Hertkorn, G., Wagner, P., Rossel, C. *SUMO (Simulation of Urban Mobility)*. Institute for Transportation Research. Germany, 2002.
- Menneni, S. "Pattern Recognition Based Microsimulation Calibration and Innovative Traffic Representations". Disertasi Program Pasca Sarjana, Universitas Missouri-Columbia, 2008.
- PTV VISION. *PTV VISSIM 7 User Manual*. PTV AG, Karlsruhe, Germany, 2014.
- Park, B. and Schneeberger, J. D. 2003. "Microscopic Simulation Model Calibration and Validation Case Study of 363 VISSIM Simulation Model for a Coordinated Actuated Signal System". In *Transportation Research Record: Journal 364 of the Transportation Research Board, Transportation Research Board of the National Academies*, No. 1856 (2003): 185-192 365, Washington, D.C.
- Siddharth, S.M.P. and Ramadurai, G. *Calibration of VISSIM for Indian Heterogeneous Traffic Conditions*. 2nd Conference of Transportation Research Group of India (2nd CTRG), India, 2013.
- Wiedemann, R. *Simulation des Straßenverkehrsflusses In Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswesen der Universität Karlsruhe*, Germany, 1974.