

# PENGARUH *MULTILANE FREE FLOW* TERHADAP KINERJA JALAN TOL

**Ahmad Munawar**  
DPD HPJI  
Daerah Istimewa Yogyakarta  
Peneliti Pustral UGM  
munawarugm@gmail.com

**Imam Muthohar**  
MSTT-DTSL Fakultas Teknik  
Universitas Gadjah Mada  
Jln. Grafika 2, Kampus UGM  
Yogyakarta 55281

**Arif Ardiyanto**  
MSTT-DTSL Fakultas Teknik  
Universitas Gadjah Mada  
Jln. Grafika 2, Kampus UGM  
Yogyakarta 55281

## Abstract

Traffic congestion on toll roads generally occurs at toll gates. Therefore, it is necessary to plan the replacement of the toll payment system, from the Card Based Tolling System to the Multilane Free Flow with the Electronic Toll Collection System, which can improve toll road performance. In this study a simulation of improving toll road performance by applying Multilane Free Flow, with the use of VISSIM software. As a case study, Tebet 2 Toll Gate was chosen, because this toll gate is considered as one of the toll gates with a high traffic flow. In the Card Based Tolling System, the vehicle must stop to attach the card, whereas in the Multilane Free Flow with the Electronic Toll Collection System, the vehicle is quite slow when entering the toll gate. Simulation results indicate a significant increase in performance with this replacement. Queues, delays, fuel consumptions, and pollutants are significantly reduced.

**Keywords:** toll gate, Multilane Free Flow, Electronic Toll Collection, Card Based Tolling System, queues, delays

## Abstrak

Kemacetan di tol umumnya terjadi pada pintu gerbang tol. Oleh karena itu, perlu direncanakan penggantian sistem pembayaran tol, dari *Card Based Tolling System* ke *Multilane Free Flow* dengan *Electronic Toll Collection System*, yang dapat meningkatkan kinerja jalan tol. Pada studi ini dilakukan simulasi peningkatan kinerja jalan tol dengan menerapkan *Multilane Free Flow*, dengan bantuan perangkat lunak VISSIM. Sebagai studi kasus dipilih Pintu Tol Tebet 2, yang merupakan salah satu pintu tol dengan arus lalu lintas yang cukup tinggi. Pada *Card Based Tolling System*, kendaraan harus berhenti guna menempelkan kartu, sedangkan pada *Multilane Free Flow* dengan *Electronic Toll Collection System*, kendaraan cukup memperlambat pada saat memasuki pintu tol. Hasil simulasi menunjukkan adanya peningkatan kinerja yang signifikan dengan perubahan ini. Antrian, tundaan, penggunaan bahan bakar, serta *pollutant* berkurang secara signifikan.

**Kata-kata kunci:** pintu tol, *Multilane Free Flow*, *Electronic Toll Collection*, *Card Based Tolling System*, antrian, tundaan

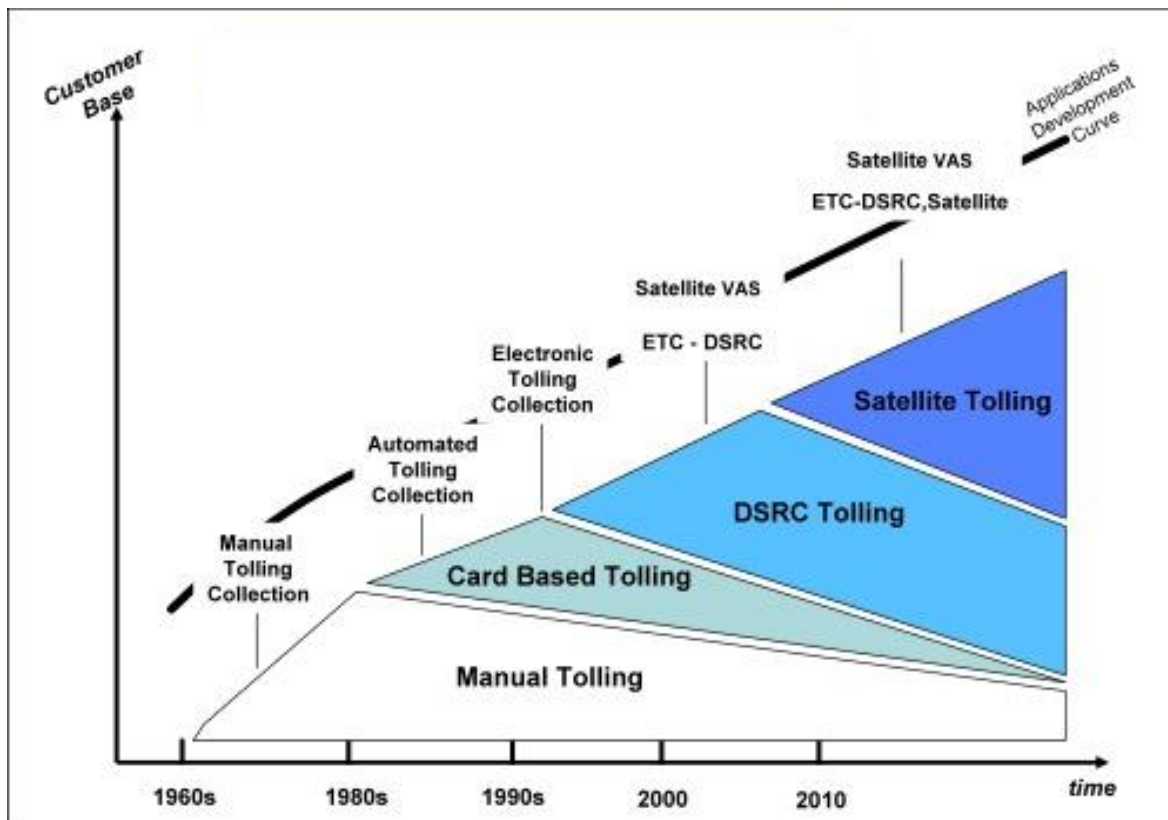
## PENDAHULUAN

Tingginya volume lalu lintas di ruas-ruas jalan, baik jalan tol maupun nontol mengakibatkan kemacetan yang tinggi di berbagai ruas jalan tersebut. Untuk jalan tol, kemacetan terutama terjadi pada pintu-pintu tol, khususnya pada jam puncak, waktu berangkat kerja, waktu pulang kerja, dan waktu liburan.

Ada beberapa sistem pelayanan pada pintu tol, seperti yang terlihat pada Gambar 1. Sebagian besar pintu tol saat ini masih berdasarkan pada *card based tolling system*. Sistem ini masih menyebabkan antrian yang panjang pada pintu tol. Di negara-negara lain, *card based tolling system* sudah banyak ditinggalkan, dan diganti dengan *electronic tolling*

system. Belajar dari pengalaman di negara-negara lain tersebut, di Indonesia akan diterapkan *electronic tolling system* dengan *multilane free flow*.

Makalah ini menganalisis manfaat *electronic tolling system* ini dari segi panjang antrian, tundaan, dan penggunaan bahan bakar. Analisis dilakukan dengan menggunakan model simulasi, dengan menggunakan perangkat lunak VISSIM (*Verkehr in Staedten Simulation Model*, Model Simulasi Lalu lintas Perkotaan) yang dikembangkan oleh PTV, Jerman.



**Gambar 1** Evolusi Sistem Pelayanan Pintu Tol

## MODEL SIMULASI DENGAN PERANGKAT LUNAK VISSIM

Vissim merupakan perangkat lunak yang bisa melakukan simulasi untuk lalu lintas multimoda mikroskopik. Simulasi multimoda menjelaskan kemampuan untuk mensimulasikan lebih dari satu jenis lalu lintas dan semua jenis ini bisa berinteraksi satu dengan yang lain. Dalam Vissim, jenis-jenis lalu lintas yang bisa disimulasikan, antara lain, adalah: (1) *vehicles*, yaitu mobil, bus, dan truk, (2) *public transport*, yaitu (tram dan bus, (3) *cycles*, yaitu sepeda dan sepeda motor), (4) pejalan kaki, dan (5) *rickshaw*. Perangkat lunak ini dapat digunakan untuk memodelkan segala jenis konfigurasi geometrik ataupun perilaku pengguna jalan yang terjadi dalam sistem transportasi.

Vissim didasarkan pada penelitian intensif selama bertahun-tahun, dan sejak diperkenalkan pada tahun 1992 telah digunakan oleh masyarakat luas di seluruh dunia. Perangkat lunak ini terbukti menjadi perangkat lunak yang paling unggul untuk simulasi lalu lintas mikroskopik. Simulasi mikroskopik, atau kadang-kadang juga disebut mikrosimulasi, berarti bahwa tiap kesatuan (mobil, kereta, orang) yang akan disimulasikan, disimulasikan secara individual.

Vissim telah digunakan untuk menganalisis jaringan-jaringan dengan segala jenis ukuran jarak persimpangan individual hingga keseluruhan daerah metropolitan, seperti yang telah digunakan oleh Adriyanto dan Munawar (2013), Aryandi dan Munawar (2014), Fitriada dan Munawar (2015), Munawar (2004), serta Putri dan Irawan (2015). Dalam jaringan-jaringan transportasi, Vissim mampu memodelkan semua klasifikasi fungsi jalan, mulai dari jalan untuk sepeda motor hingga jalan untuk mobil. Jangkauan aplikasi jaringan Vissim yang luas juga meliputi fasilitas-fasilitas transportasi umum, sepeda hingga pejalan kaki. Selain itu, Vissim juga bisa mensimulasikan geometrik dan kondisi operasional yang unik yang terdapat dalam sistem transportasi. Data yang ingin dimasukkan untuk dianalisis dilakukan sesuai dengan keadaan di lapangan. Beberapa hasil kinerja jaringan jalan yang menjadi data keluaran perangkat lunak Vissim dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1** Hasil Kinerja Jaringan Jalan dalam Vissim

Atribut	Definisi
Tundaan kendaraan	Diperoleh dengan mengurangi waktu tempuh teoritis (ideal) dari waktu perjalanan yang sebenarnya. Waktu tempuh teoritis adalah waktu tempuh yang bisa dicapai jika tidak ada kendaraan lain dan/atau tidak ada kontrol sinyal atau alasan lain untuk berhenti.
Antrian rata-rata	Total jumlah berhenti/(Jumlah kendaraan dalam jaringan + jumlah kendaraan yang telah tiba).
Total antrian	Jumlah total berhenti semua kendaraan yang ada di jaringan atau sudah tiba. Waktu pemberhentian bus dan kereta api di depan halte/stasiun dan waktu parkir di tempat parkir tidak termasuk dalam atribut ini.
Konsumsi bahan bakar	Konsumsi bahan bakar menggunakan satuan US gallons. 1 US gallons sama dengan 3,78541 liter.
Emisi CO	<i>Carbon monoxide</i> (dinyatakan dalam satuan gram)
Emisi NOx	<i>Nitrogen oxides</i> (dinyatakan dalam satuan gram)
Emisi VOC	<i>Volatile organic compounds</i> (dinyatakan dalam satuan gram)

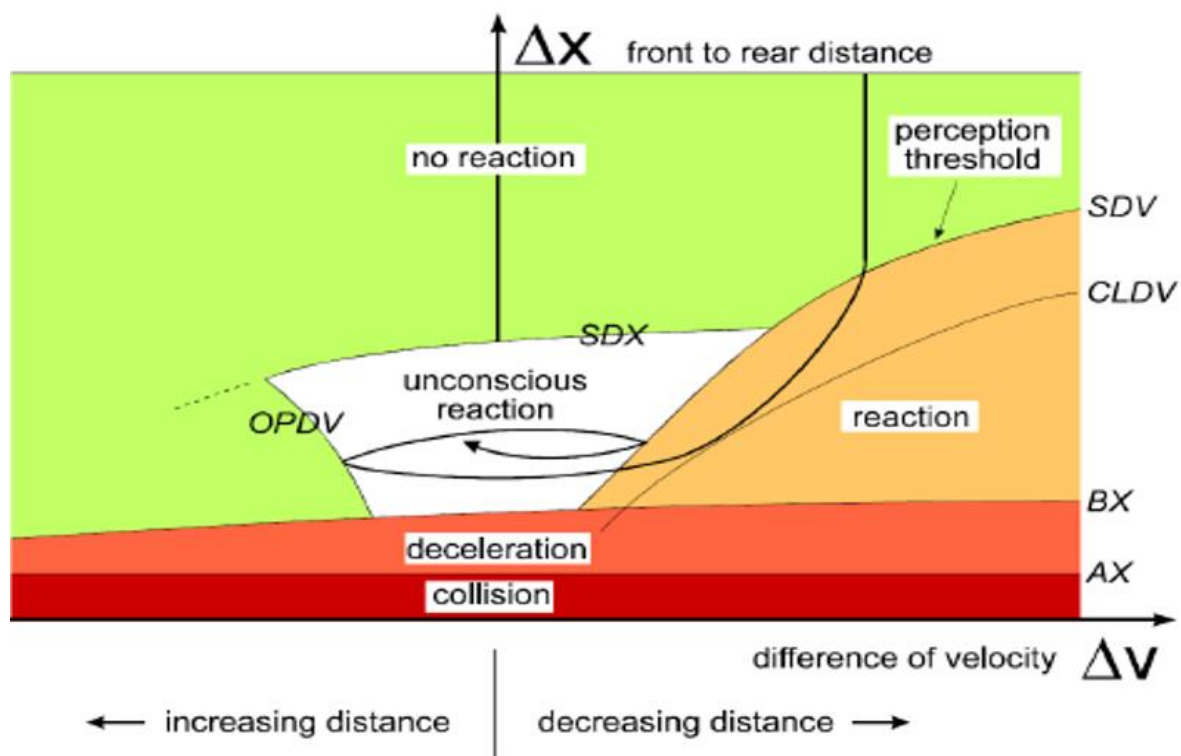
Sumber: PTV (2011)

Vissim merupakan perangkat lunak simulasi lalu lintas dengan tinjauan mikroskopik. Model pembangun dalam Vissim menggunakan model perilaku mengemudi *psycho-physical* Wiedemann, yang mempertimbangkan pengaruh terhadap persepsi pengemudi dalam pengendalian kecepatan kendaraan yang dikemudikannya. Hal ini memungkinkan adanya penyesuaian dalam berbagai karakteristik dan tipe pengemudi di berbagai wilayah di dunia. Artinya, penerapan program simulasi komputer ini menjadi fleksibel untuk diadopsi dengan

catatan dilakukan berbagai penyesuaian-penyesuaian menurut perilaku dan karakteristik pengemudi yang ada di daerah tersebut.

Konsep model pembuntutan kendaraan yang dikembangkan oleh Wiedemann pada tahun 1974, yaitu semakin cepat kendaraan bergerak mendekati kendaraan yang lebih lambat, besar perlambatan yang akan diambil oleh pengemudi akan ditentukan berdasarkan batas nilai persepsi. Model pembuntutan kendaraan dalam Vissim dibedakan menjadi 2 macam, yaitu Wiedemann 74, untuk area perkotaan, dan Wiedemann 99, untuk jalan bebas hambatan (PTV, 2011).

Pada simulasi ini digunakan model Wiedemann 99. Model pembuntutan kendaraan dapat dilihat pada Gambar 2, yang menggambarkan hubungan antara reaksi pengemudi dengan selisih kecepatan dan jarak antara kendaraan. Pada selisih jarak yang jauh dan selisih kecepatan yang rendah, gerakan kendaran belakang tidak terpengaruh kendaraan di depannya. Sebaliknya, pada selisih jarak yang dekat dan selisih kecepatan yang tinggi, gerakan kendaraan belakang akan terpengaruh oleh kendaraan di depannya.



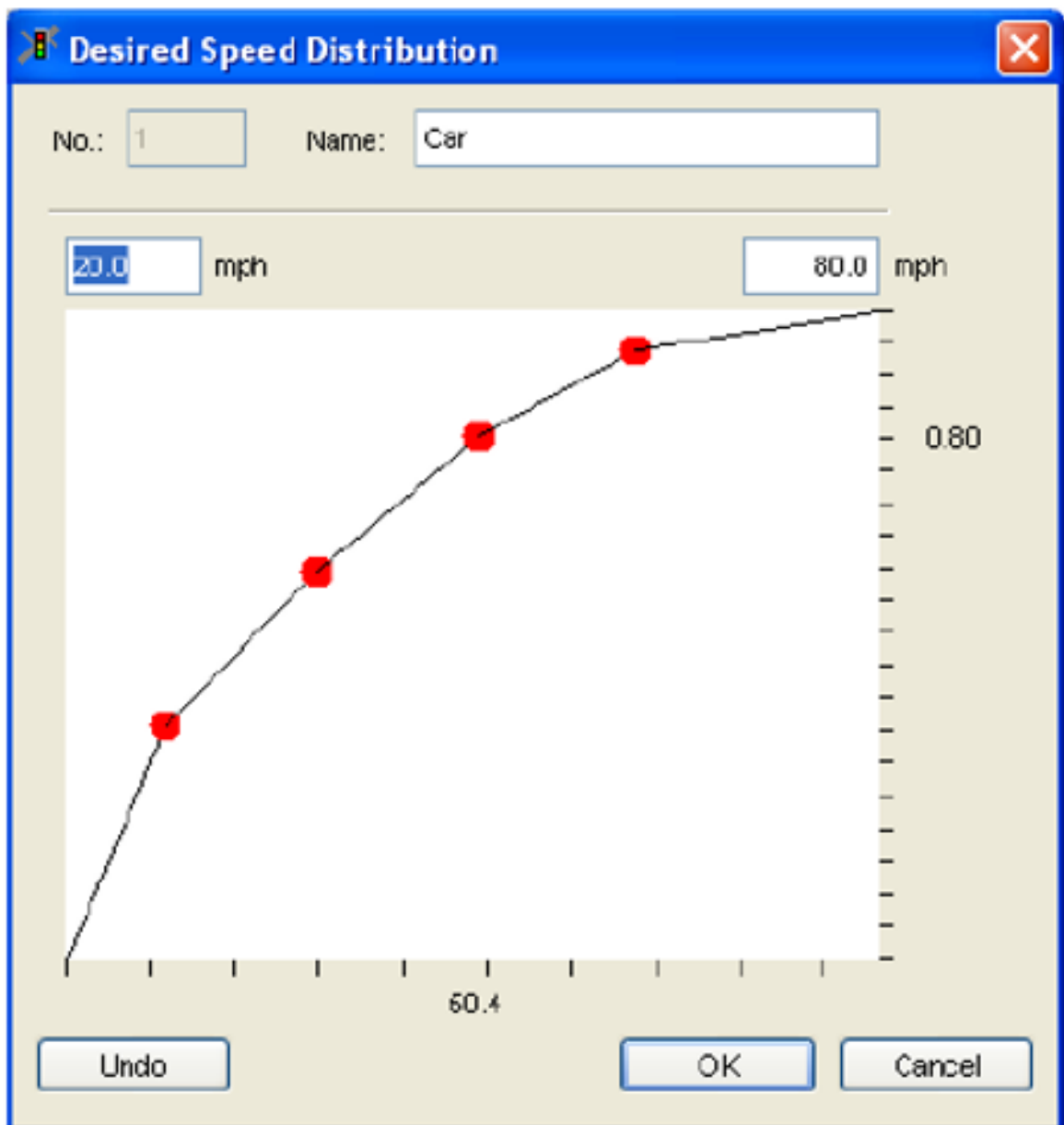
Gambar 2 Model Pembuntutan Kendaraan

Model pembuntutan kendaraan Wiedemann 74 memiliki pengaturan menu *Following* pada karakteristik pengemudi yang lebih sedikit. Di antaranya adalah *Average Standsill Distance*, *Additive Part of Safety Distance*, dan *Multiplic Part of Safety Distance*.

Model pembuntutan kendaraan Wiedemann 99 dengan rincian yang lebih banyak memiliki lebih banyak parameter yang lebih sulit pada proses kalibrasi (Aghabayk et al., 2013). Misalnya pada menu *Driving Behavior* terdapat pengaturan *Standsill Distance*

(CC0), *Headway Time* (CC1), *Following Variation* (CC2), *Threshold for Entering Following* (CC3), *Following Thresholds* (CC4 dan CC5), *Speed Dependency of Oscillation* (CC6), *Oscillation Acceleration* (CC7), *Standstill Acceleration* (CC8), *Acceleration at 80 km/jam* (CC9). Parameter-parameter pembangun model, di antaranya adalah *look a head distance*, *temporary lack of attention*, *smooth close up behavior*, dan *standstill distance for static obstacles*, perlu diperhatikan pada saat proses kalibrasi model.

Kecepatan kendaraan dapat didefinisikan pada setiap keadaan, dengan menentukan distribusi kecepatan sebagai masukan dalam program Vissim. Contoh hal ini dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3** Contoh Distribusi Kendaraan sebagai *Input* Program Vissim

## STUDI KASUS PADA PINTU GERBANG TOL TEBET 2

Karakteristik lalu lintas jam puncak pada Pintu Gerbang Tol Tebet 2 dapat dilihat pada Tabel 2. Sementara hasil kalibrasi model untuk kasus di Pintu Gerbang Tol Tebet 2 ini disajikan pada Gambar 4.

Tabel 2 Karakteristik Lalu Lintas pada Jam Puncak

Parameter	Besaran
Volume ruas jalan utama (kend/jam)	3559
Volume ruas <i>ramp on</i> (kend/jam)	1011
Kecepatan ruas jalan utama (km/jam)	65
Kecepatan ruas <i>ramp on</i> (km/jam)	34

Driving Behavior

No.: 3 Name: Freeway (free lane selection)

Following Lane Change Lateral Signal Control Meso

Look ahead distance  
min.: 0,00 m  
max.: 250,00 m  
2 Observed vehicles

Look back distance  
min.: 0,00 m  
max.: 150,00 m

Temporary lack of attention  
Duration: 0 s  
Probability: 0,00 %  
 Smooth closeup behavior  
 Standstill distance for static obstacles: 10,00 m

Car following model  
Wiedemann 99

Model parameters

CC0 (Standstill Distance): 0,50 m  
CC1 (Headway Time): 2; 0,9 s  
CC2 ('Following' Variation): -4,00 m  
CC3 (Threshold for Entering 'Following'): -8,00  
CC4 (Negative 'Following' Threshold): -0,35  
CC5 (Positive 'Following' Threshold): 0,35  
CC6 (Speed dependency of Oscillation): 11,44  
CC7 (Oscillation Acceleration): 0,25 m/s<sup>2</sup>  
CC8 (Standstill Acceleration): 3,50 m/s<sup>2</sup>  
CC9 (Acceleration with 80 km/h): 1,50 m/s<sup>2</sup>

Gambar 4 Kalibrasi Model di Pintu Gerbang Tol Tebet 2

Simulasi dilakukan dengan membandingkan 4 keadaan, yaitu:

- 1) pelayanan keadaan saat ini, dengan menggunakan *card based tolling system*, yang harus berhenti di pintu tol;
- 2) pelayanan dengan *electronic tolling system*, kendaraan tidak berhenti, tetapi harus mengurangi kecepatan hingga 40 km/jam pada saat melewati pintu tol;
- 3) Pelayanan dengan *electronic tolling system*, kendaraan tidak berhenti, tetapi harus mengurangi kecepatan hingga 50 km/jam pada saat melewati pintu tol; dan
- 4) Pelayanan dengan *electronic tolling system*, kendaraan tidak berhenti, tetapi harus mengurangi kecepatan hingga 60 km/jam pada saat melewati pintu tol.

**Tabel 3** Hasil Simulasi Berbagai Keadaan pada Jam Puncak

Kondisi	Antrian Rata-Rata (meter)	Tundaan Rata-Rata (detik)	BBM (gallons)	Pollutant (gram)		
				CO	NOx	VOC
Eksisting	81,93	8,47	104,89	7332	2427	1699
Kec. 40 km/jam	76,77	7,84	101,68	7107	1383	1647
Kec. 50 km/jam	63,90	6,36	94,57	6610	1286	1532
Kec. 60 km/jam	59,41	5,85	89,69	3686	717	854

Dari simulasi yang dilakukan terlihat bahwa antrian rata-rata pada kondisi eksisting merupakan yang terpanjang. Waktu antrian berkurang dengan main tingginya kecepatan kendaraan yang diizinkan pada saat melewati pintu tol. Hasil ini berbanding lurus dengan tundaan rata-rata yang terjadi, konsumsi bahan bakar kendaraan, serta *pollutant* yang dihasilkan oleh kendaraan. Tundaan rata-rata, konsumsi bahan bakar, serta *pollutant* terbesar juga terjadi pada kondisi eksisting dan berkurang dengan meningkatnya kecepatan kendaraan saat melewati pintu tol.

## KESIMPULAN

Dari hasil simulasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa dengan diterapkannya *Multilane Free Flow*, terdapat perbedaan yang signifikan baik dari segi antrian, tundaan, penghematan BBM, dan pengurangan *pollutant*. Kondisi paling ideal adalah pada pembatasan kecepatan 60 km/jam, yang menghasilkan pengurangan antrian sebesar 27%, pengurangan tundaan 31%, pengurangan BBM 15%, serta pengurangan CO, NOx, dan VOC masing-masing sebesar 50%, 70%, dan 30%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aghabayk, K., Sarvi, M., Young, W., dan Kautzsch, L. 2013. *A Novel Methodology for Evolutionary Calibration of Vissim by A Multi-Threading*. Australian Transport Research Forum 2013 Proceedings, 2–4 October, 2013. Brisbane, Australia: Australian Transport Research Forum.
- Andriyanto, A. dan Munawar, A. 2013. *Predicting Queues and Delays at Toll Plazas by Computer Simulation: Case Study Cililitan Toll Plaza, Jakarta*. Proceeding of The World Congress on Engineering 2013, Vol 1.
- Aryandi, R.D. dan Munawar, A. 2014. *Penggunaan Softwaere Vissim untuk Analisis Simpang Bersinyal: Studi Kasus Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta*. 17th FSTPT International Symposium. 22–24 Agustus. Jember: Universitas Jember.
- Fitrada, A.G. dan Munawar, A. 2015. *Evaluasi Penerapan Sistem Contraflow Buslane dengan Menggunakan Software Vissim: Studi Kasus Jalan Prof. Yohannes dan Jalan C. Simanjuntak, Yogyakarta*. 18th FSTPT International Symposium. 28 Agustus 2015. Bandar Lampung: Universitas Lampung.

- Munawar, A. 2004. *Analisis Sistem Jaringan Transportasi di Kampus UGM*. Media Teknik, 26 (3): 11–18.
- Planung Transport Verkehr AG. 2011. *Vissim 5.30-05 User Manual*. Karlsruhe, Germany.
- Putri, N.H., dan Irawan, M.Z. 2015. *Kalibrasi Vissim untuk Mikrosimulasi Arus Lalu Lintas Tercampur pada Simpang Bersinyal: Studi Kasus Simpang Tugu, Yogyakarta*. Jurnal Penelitian Transportasi Multimoda, 13 (3): 97–106.