

Simulasi kinerja lalu lintas kendaraan tanpa awak di area perkotaan

¹Hasriwan Putra dan ²Rochdi Merzouki

¹Badan Penelitian dan Pengembangan Perhubungan, Kementerian Perhubungan, Jl. Medan Merdeka Timur, No 5, Jakarta Pusat 10110, Indonesia

² Polytech of Lille, University of Lille 1, Villeneuve d'ascq, Perancis
Email : ¹hasriwan@yahoo.co.id

Riwayat perjalanan naskah

Diterima: 29 Maret 2018; direvisi: 10 April 2018; disetujui: 1 Mei 2018;
diterbitkan online: 31 Desember 2018

Abstrak

Permasalahan transportasi perkotaan, khususnya di Jakarta, semakin memburuk. Kondisi itu dipersulit dengan keterbatasan lahan untuk membangun infrastruktur baru. Saat ini sedang dikembangkan berbagai teknologi untuk mengatasi permasalahan transportasi yang ada di perkotaan terutama masalah kemacetan yang sulit untuk diatasi. Sebagai bagian dari upaya untuk meningkatkan kualitas transportasi yang semakin rumit dengan tidak membangun infrastruktur baru, namun dalam penelitian ini ingin mengenalkan penggunaan kendaraan tanpa awak di lalu lintas perkotaan di Jakarta. Penelitian ini menggunakan pemodelan dan simulasi transportasi dengan menggunakan parameter lingkungan yang sebenarnya. Dengan penggunaan model *Two fluid* dapat menggambarkan waktu tempuh dan indikator kualitas lalu lintas pada jaringan lalu lintas. Tujuan yang ada dalam penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja lalu lintas kendaraan tanpa awak (Intelligent Autonomous Vehicle/IAV) yang akan dibandingkan dengan kendaraan konvensional dengan menggunakan simulasi lalu lintas *SCANeRTMstudio*. Kesimpulan yang didapat dari penelitian adalah kinerja lalu lintas kendaraan tanpa awak (IAV) di area perkotaan lebih baik dibandingkan kendaraan konvensional karena waktu tempuh lebih pendek dan parameter kualitas lalu lintas juga lebih baik yaitu : (1) IAV $\rightarrow n = 0.01$, $T_m = 2.24$ min/km, kecepatan rata-rata = 13.61 km/h ; (2) Kendaraan konvensional $\rightarrow n = 0.03$, $T_m = 2.37$ min/km, kecepatan rata-rata = 12.02 km/h.

Kata kunci: makroskopik, model lalu lintas perkotaan, simulasi lalu lintas, lalu lintas kendaraan tanpa awak.

Abstract

Traffic performance simulation of intelligent autonomous vehicle in urban area. *The problem of urban transportation, especially in Jakarta, is getting worse. This condition is complicated by limited land to build new infrastructure. Currently various technologies are being developed to overcome transportation problems in urban areas, especially congestion problems that are difficult to overcome. As part of an effort to improve the quality of transportation that is increasingly complicated by not building new infrastructure, but in this study we want to introduce unmanned vehicle use in urban traffic in Jakarta. This research uses transportation modeling and simulation using actual environmental parameters. With the use of the Two fluid model, it can describe the travel time and traffic quality indicators in the traffic network. By comparing two different kind of vehicle (using IAVs and conventional vehicles) and by using SCANeRTMstudio simulation, it can give us quality of traffic in one area. According to the work presented in this research, the use of IAV in urban environment can improve traffic performance since it has shortest time than the use of conventional vehicle. It means that if we compare parameters quality of traffic by using all IAVs ($n = 0.01$ and $T_m = 2.24$) better than using all conventional vehicles ($n = 0.03$ and $T_m = 2.37$). Average mean speed for all IAVs 13.61 km/h and for all conventional vehicles 12.02 km/h, it means that IAV can save more travel time than conventional vehicle*

Keywords : macroscopic, urban traffic modeling, traffic simulation, intelligent autonomous vehicle (IAV)

Pendahuluan

Permasalahan transportasi perkotaan, khususnya Jakarta, semakin parah. Peningkatan jumlah kendaraan pribadi yang semakin tinggi telah meningkatkan kemacetan dan pencemaran udara. Dalam rangka memperbaiki kondisi lalu lintas pada kawasan pusat perkotaan tanpa membangun atau memodifikasi infrastruktur, studi ini ingin menganalisis potensi penggunaan kendaraan tanpa awak (*Intelligent Autonomous Vehicle (IAV)*) dalam mengurangi tingkat kemacetan, sekaligus untuk mengurangi pencemaran udara karena IAV menggunakan tenaga baterai. Analisis dilakukan dengan pemodelan dan simulasi lalu lintas pada situasi lalu lintas dan lingkungan sebenarnya. Tujuan studi ini adalah untuk menganalisis kinerja lalu lintas kendaraan

tanpa awak (*Intelligent Autonomous Vehicle (IAV)*) dengan ruang lingkup arus lalu lintas pada tingkat makroskopik

Metodologi

Pemodelan Transportasi

Model adalah sebuah representasi nyata yang mengandung struktur penting dari beberapa objek atau peristiwa dalam dunia nyata. Representasi tersebut dapat berbentuk :

1. Fisik, contohnya maket kendaraan
2. Simbolik, contohnya persamaan matematika.

Banyak model matematika transportasi yang telah dikembangkan untuk lalu lintas perkotaan pada tingkat makroskopik. Dalam hal lalu lintas perkotaan telah banyak penelitian yang menggunakan model *two-fluid*.

Two Fluid Model

Model ini menggambarkan lalu lintas sebagai fluida, yang memiliki 2 jenis kendaraan yang disebut kendaraan bergerak dan kendaraan berhenti (Herman dan Prigogine, 1979).

$$\ln T_r = \frac{1}{n+1} \ln T_m + \frac{1}{n+1} \ln T \quad \dots(1)$$

dimana :

T_m = rata-rata waktu tempuh minimum per unit jarak (min/km)

T = waktu tempuh total (min/km)

T_r = waktu bergerak (min/km)

n = kualitas pelayanan lalu lintas dalam jaringan

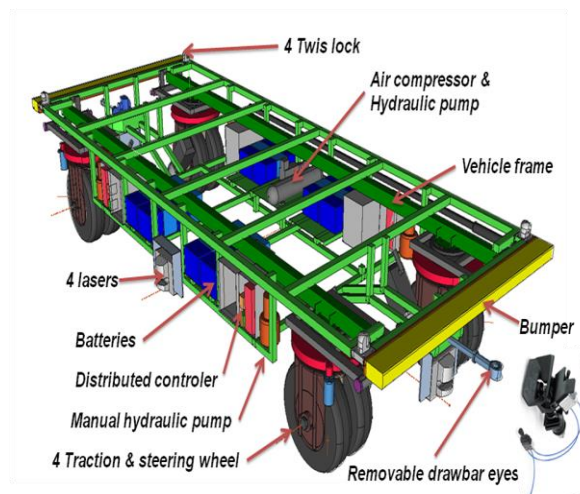
Simulasi Lalu Lintas

Simulasi lalu lintas memberikan kemungkinan untuk melakukan eksperimen dengan kondisi lalu lintas saat ini atau yang akan datang dalam kondisi yang aman dan tanpa gangguan. Model makroskopik menggunakan tingkat kedetailan yang rendah, baik mengacu pada representasi aliran lalu lintas maupun interaksi lalu lintas. Model ini menggunakan variabel agregat seperti arus, kecepatan dan kepadatan untuk menunjukkan karakteristik aliran lalu lintas.

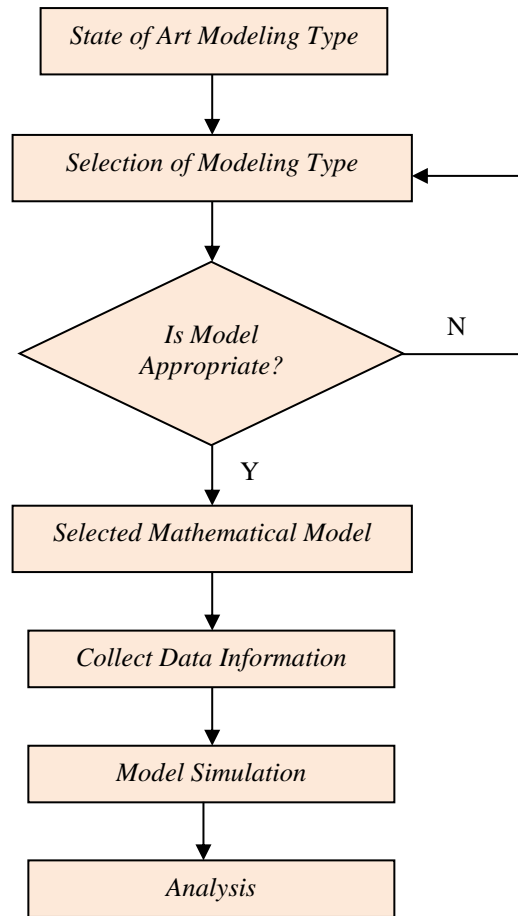
Spesifikasi Kendaraan Tanpa Awak

Gambar 1 menunjukkan komponen-komponen kendaraan tanpa awak (IAV). IAV memiliki spesifikasi umum sebagai berikut:

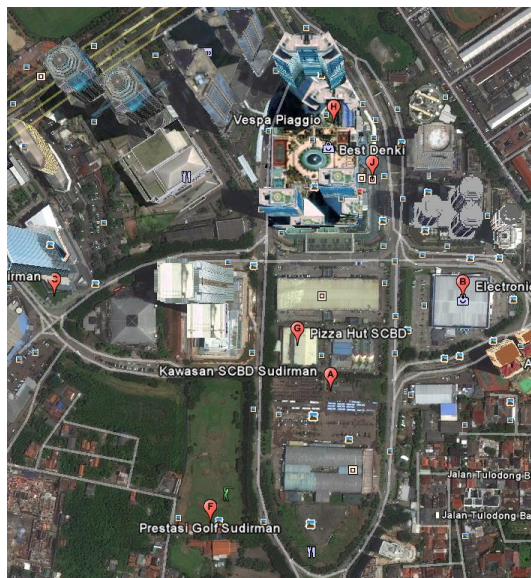
- *Weight without load* : 3000 kg
- *Payload* : 7000 kg
- *Dimension* : (7×2.5×1.2)m (l×w×h)
- *Maximum speed* : 25 km/h



Gambar 1. Komponen Kendaraan Tanpa Awak
Sumber: www.intrade-nwe.eu



Gambar 2. Alur pikir penelitian



Gambar 3. Wilayah Studi

Sumber: Google Earth

Gambar 2 menggambarkan alur pikir penelitian untuk menganalisis kinerja lalu lintas dalam tingkat makroskopik. Pertama kali, kami memilih lokasi penelitian yaitu Sudirman *Central Business District* (SCBD) Jakarta sebagaimana terlihat pada **Gambar 3**. Lokasi ini dipilih karena mudah dilokalisir menjadi kawasan tertutup yang disebabkan pintu masuk/keluar terbatas. Kemudian, mengumpulkan referensi pemodelan lalu lintas pada tingkat makroskopik yang digunakan dalam lingkungan perkotaan dan memilih satu model yang sesuai untuk diterapkan pada lokasi penelitian. Selanjutnya, kami mengumpulkan data lalu lintas di lokasi penelitian berupa data sekunder. Setelah data input telah lengkap, kami menjalankan simulasi lalu lintas. Kami menjalankan simulasi lalu lintas dalam kondisi 2 skenario, pertama skenario semua kendaraan tanpa awak. Kedua yaitu skenario semua kendaraan konvensional. Terakhir, kami melakukan analisis data keluaran (*output*) dari simulasi lalu lintas dengan menggunakan pendekatan model *Two-fluid*. merupakan kawasan yang mengintegrasikan fungsi perkantoran, perdagangan retail, hotel dan pemukiman dengan luas 13 ha (www.scbd.com).

Pemilihan Model

Setelah memilih wilayah studi, langkah selanjutnya adalah memilih model makroskopik untuk lalu lintas perkotaan. Pertama-pertama penulis melakukan revidi literatur, dengan membandingkan indikator sebagai berikut : (1) model bertujuan untuk mengetahui kinerja lalu lintas; (2) model lebih *compatible* pada jaringan jalan perkotaan non tol (jalan arteri); (3) model diaplikasikan di area perkotaan (*confined area*), sebagaimana terlihat dalam matrik Tabel 1. Setelah dilakukan revidi terhadap 3 hal tersebut maka dibuat *check list* terhadap setiap model. Dari hasil *check list* diperoleh model yang paling tepat digunakan yaitu model *two-fluid*, karena model tersebut memenuhi setiap indikator yang ditetapkan. Model *two-fluid* banyak digunakan dalam penelitian di kota-kota besar dunia (lihat, misalnya, (Lee et al, 2005); (Williams et al, 1995); (Crowe, 2007); (Park dan M. Abdel-Aty, 2011); dan (Herman dan I. Prigogine, 1979).

Tabel 1. Matrik Perbandingan Model Makroskopik

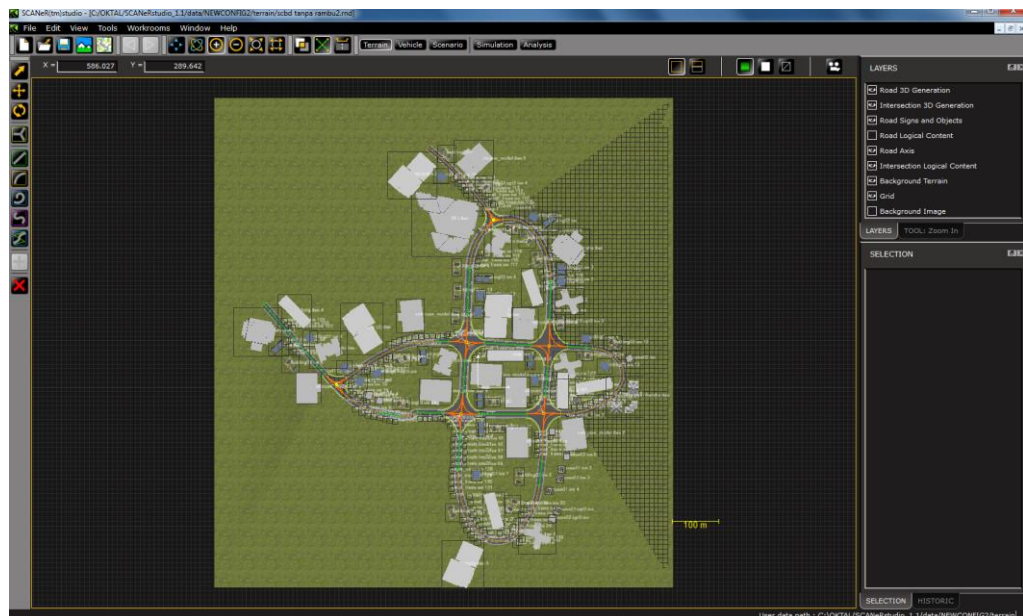
No	Model	Mengukur Kinerja Lalu Lintas	Jaringan Jalan Non Tol (arteri)	Aplikasi di area perkotaan (<i>confined area</i>)
1	Greenberg (Doh et al (2009) dan Li et al (2008))	V	X	V
2	Underwood (Doh et al (2009))	V	X	V
3	Kashani (Van den Berg et al (2003))	V	X	V
4	Continuous petri net with variable speed (VCPN) (Tolba et al (2005))	V	V	X
5	Bayesian Network (Yu dan Cho (2008))	X	V	V
6	Variable Cell Transmission (Hu et al (2010))	X	X	V
7	Two-Fluid (Lee et al (2005)), (Gazis (2002)), (Williams et al (1995)), (Crowe (2007)), (Xiang et al (2007))	V	V	V
8	Greenshield (Quek et al (2009)), (Chen (2002)), (Erlingsson (2006))	V	X	V

Simulasi Lalu Lintas

Dalam penelitian ini digunakan SCANeR™studio untuk melakukan simulasi lalu lintas. SCANeR™studio merupakan sebuah aplikasi simulasi berkendara yang komprehensif. Ia biasa digunakan dalam penelitian dan pengembangan lalu lintas jalan dan juga untuk penelitian faktor pengemudi dan latihan mengemudi (www.oktal.fr). Menurut Kumar et al (2014), SCANeR™studio aplikatif dalam pemodelan lalu lintas mulai dari tingkat submikroskopik sampai tingkat makroskopik.

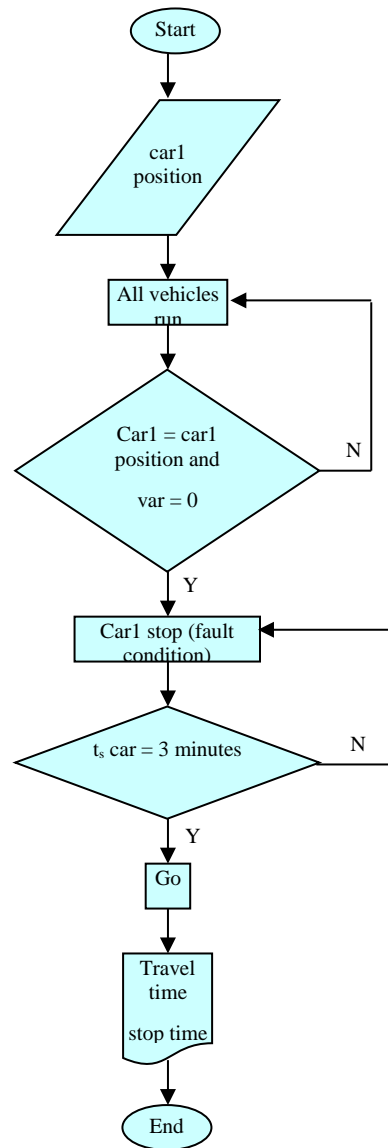
SCANeR™studio memiliki 5 komponen utama :

- *Studio Terrain*
Impor gambar latar belakang dari *google earth* dan gambarkan jalan dan simpang dengan mengikuti gambar latar belakang. Langkah selanjutnya adalah menambahkan rambu lalu lintas, obyek lain (seperti gedung, pohon, halte, dan lain-lain) seperti terlihat pada **Gambar 4**.
- *Studio Vehicle*
Disini, kita akan menggunakan kendaraan konvensional yang sudah *default* seperti mobil penumpang, bus, sepeda motor dan truk serta kendaraan IAV dengan jenis bus yang telah ditambahkan dalam program ini.
- *Studio Scenario*
Penelitian ini menggunakan 2 skenario. Skenario pertama yaitu kendaraan konvensional semua, sedangkan skenario kedua yaitu kendaraan IAV semua. Jumlah kendaraan yang dijalankan ke dalam setiap skenario diolah dari sumber data andal lalin tahun 2009 (Rakhmat dan Bawono, 2009) dan data indeks pertumbuhan kendaraan (BPS, 2011).



Gambar 4. Wilayah studi yang dibangun dalam simulator

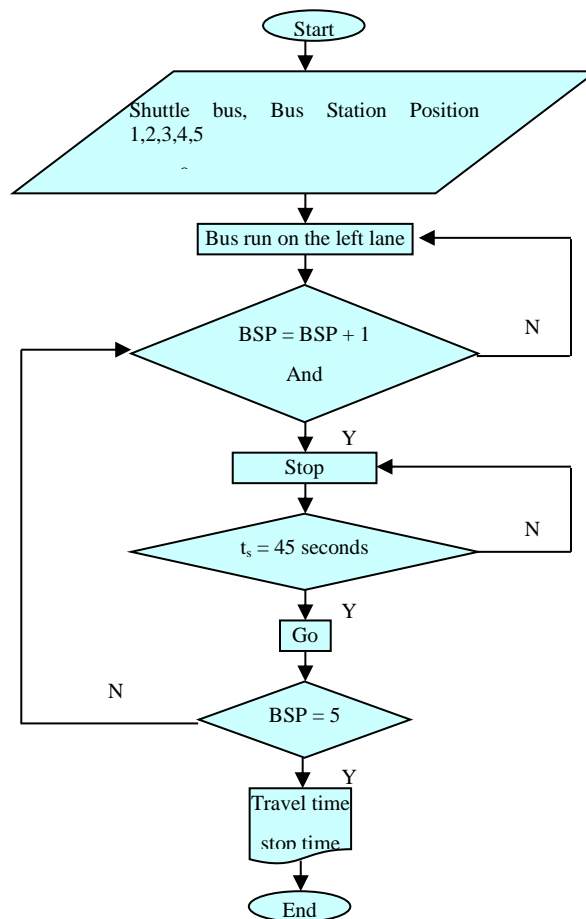
Untuk mengaplikasikan model *two-fluid* ke dalam simulator, maka perlu menciptakan kondisi *fault* ke dalam studio scenario. Kondisi *fault* tersebut yaitu 1 kendaraan mengalami gangguan yang digambarkan dalam algoritma di bawah ini, Selain itu ada situasi 1 unit *shuttle bus* yang beroperasi di dalam wilayah studi yang berhenti di setiap halte. **Gambar 7.** menunjukkan algoritma untuk *shuttle bus* tersebut.



Gambar 5. Flowchart in fault condition



Gambar 6. Running simulation



Gambar 7. Flowchart for Shuttle Bus

- *Studio Simulation*

Gambar 6. menunjukkan simulasi lalu lintas sedang jalan (*running*).

- *Studio Analysis*

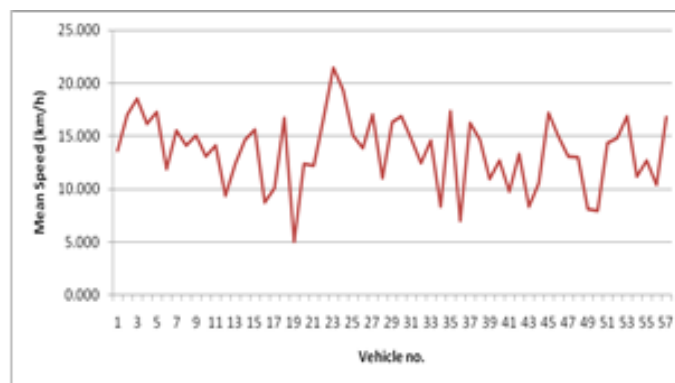
Simulator dapat merekam dan menganalisis simulasi lalu lintas yang telah dijalankan. Rekaman simulasi disimpan dalam bentuk file *.avi. untuk mendapatkan data grafik dan tabular, ekspor ke file ascii. Data yang dihasilkan berupa waktu tempuh per satuan waktu.

Hasil dan Pembahasan

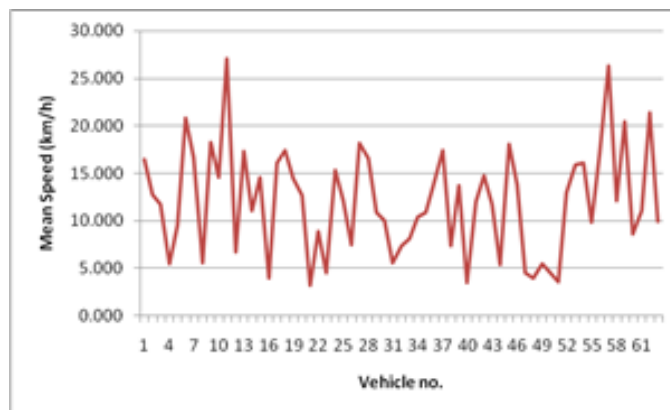
Dari hasil simulasi, data diolah untuk memperoleh parameter makroskopik yaitu kecepatan rata-rata, arus dan kepadatan serta kualitas lalu lintas sebagai berikut :

1. Kecepatan rata-rata (*mean speed*)

- IAVs ditunjukkan pada **Gambar 8**.
- Kendaraan konvensional ditunjukkan pada **Gambar 9**.



Gambar 8. Mean Speed setiap unit IAV



Gambar 9. Mean Speed setiap unit kendaraan konvensional

Grafik diatas menunjukkan kecepatan rata-rata (*mean speed*) kendaraan setiap unitnya. Untuk kendaraan tanpa awak (IAV) diperoleh hasil sebagai berikut :

- Kecepatan rata-rata = 13.61 km/h
- Arus = 381.08 veh/h
- Kepadatan = 28 veh/km

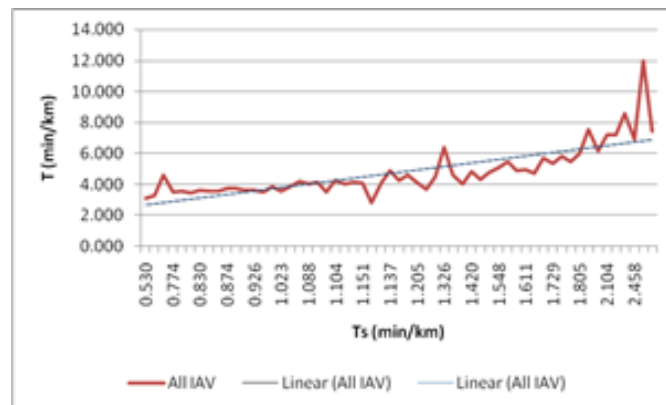
Untuk kendaraan konvensional sebagai berikut :

- Kecepatan rata-rata = 12.02 km/h
- Arus = 384.64 veh/h
- Kepadatan = 32 veh/km

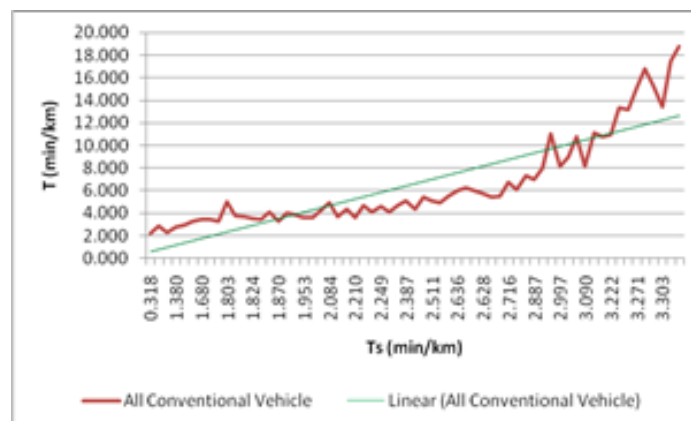
2. Waktu tempuh

- IAVs ditunjukkan **Gambar 10**.
- Kendaraan konvensional ditunjukkan **Gambar 11**.

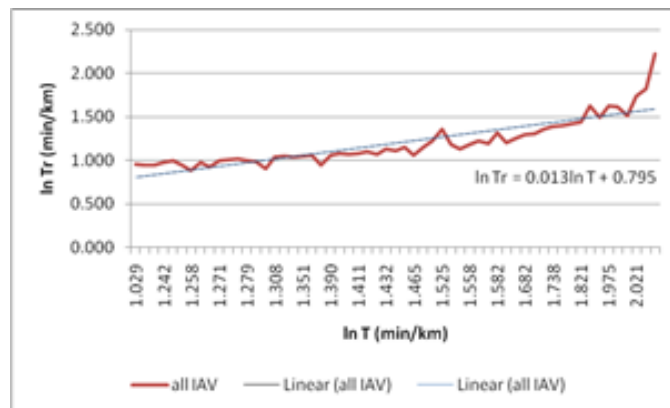
Grafik dibawah ini menggambarkan waktu tempuh minimal, waktu tempuh maksimal dan waktu tempuh rata-rata, dimana secara keseluruhan waktu tempuh IAVs lebih pendek dibandingkan kendaraan konvensional.



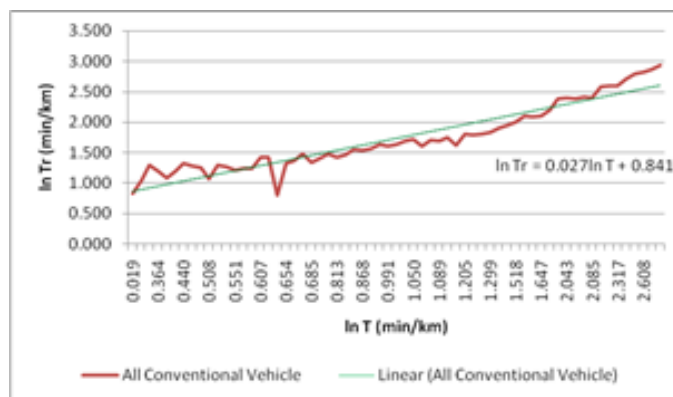
Gambar 10. Waktu tempuh vs waktu berhenti setiap unit IAV



Gambar 11. Waktu tempuh vs waktu berhenti setiap unit kendaraan konvensional



Gambar 12. Grafik ln T vs ln Tr setiap unit IAV



Gambar 13. Grafik ln T vs ln Tr setiap unit kendaraan konvensional

3. Kualitas lalu lintas

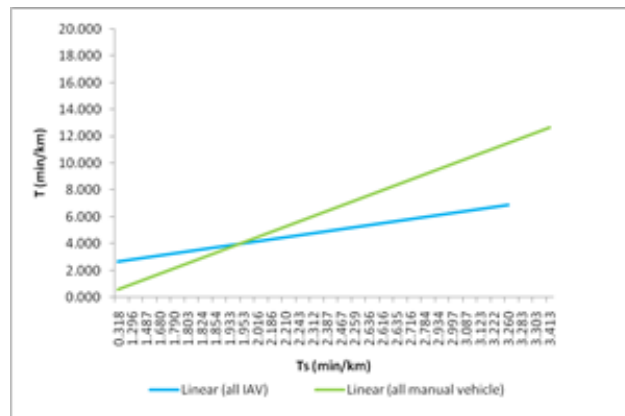
- IAVs ditunjukkan oleh **Gambar 12**.
- Kendaraan konvensional ditunjukkan oleh **Gambar 13**.

Grafik pada **Gambar 12** dan **Gambar 13** menunjukkan hubungan antara waktu tempuh (T) dengan waktu berjalan (Tr) secara regresi linear yang diolah untuk mendapatkan nilai indikator kualitas lalu lintas sebagai berikut :

- IAVs
n = 0.01, Tm = 2.24 min/km
- Kendaraan Konvensional
n = 0.03, Tm = 2.37 min/km

Angka diatas dapat diartikan berdasarkan teori *two fluid* bahwa jika nilai n dan Tm makin kecil maka kualitas lalu lintas semakin baik (Lee et al, 2005).

Grafik dibawah ini menunjukkan perbandingan waktu tempuh dimana waktu tempuh kendaraan tanpa awak (IAV) lebih pendek dibandingkan kendaraan konvensional, dan juga lebih stabil.



Gambar 14. Grafik perbandingan waktu tempuh vs waktu berhenti IAV dengan kendaraan konvensional

Kesimpulan

Penggunaan model makroskopik seperti model *two fluid* dapat menggambarkan kualitas pelayanan lalu lintas. Ketika kita membandingkan 2 jenis kendaraan yang berbeda (IAV dan kendaraan konvensional) dengan menggunakan aplikasi simulator, maka bisa didapatkan kualitas lalu lintas pada satu area. Berdasarkan hasil simulasi lalu lintas dapat disimpulkan bahwa penggunaan IAV di area perkotaan dapat meningkatkan kinerja lalu lintas karena waktu tempuh lebih pendek dan kualitas lalu lintas lebih baik dibandingkan kendaraan konvensional.

Jika dibandingkan parameter kualitas lalu lintas adalah sebagai berikut :

- IAV $\rightarrow n = 0.01$, $T_m = 2.24$ min/km, kecepatan rata-rata = 13.61 km/h
- Kendaraan konvensional $\rightarrow n = 0.03$, $T_m = 2.37$ min/km, kecepatan rata-rata = 12.02 km/h

Diharapkan agar penggunaan kendaraan tanpa awak (IAV) mendapat dukungan regulasi dari Pemerintah. Dan perlu dilakukan penelitian selanjutnya terkait kelayakan secara finansial.

Ucapan Terima kasih

Terima kasih kepada Laboratoire d'Automatique, Genie Informatique et Signal (LAGIS), University of Lille 1 yang telah memfasilitasi terlaksananya penelitian ini dan semua pihak yang telah membantu penulisan karya tulis ilmiah ini.

Daftar Pustaka

- Chen D., L. Zhang, J. Wang, and F.Y. Wa. 2002. *Freeway Traffic Stream Modeling Based on Principal Curves*, IEEE.
- Crowe J.M. 2007. *The Calibration, Validation, and Comparison of Vissim Simulations Using The Two-Fluid Model*. Florida Institute of Technology.
- Doh T., H. Kim, K. Kang, and W. Kook. 2009. "Analysis of Speed-Density Traffic Flow Models on A Merge Influence Section in Uninterrupted Facility". *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*. Vol.7.
- Erlingsson S., A.M. Jonsdottir and T. Thorsteinsson. 2006. *Traffic Stream Modeling of Road Facilities*. Transport Research.
- Gazis D.C. 2002. *Traffic theory*. kluwer academic publishers.
- Herman R. and I. Prigogine. 1979. "A Two-Fluid Approach to Town Traffic", *Science* 204(4389) : 148-151.
- Hu X., W. Wang and H. Sheng.2010. "Urban Traffic Flow Prediction with Variable cell Transmission Model". *Journal of transportation systems eng and IT* 10(4).
- Kumar P., Merzouki R., Conrard B., Coelen V., and Ould Bouamama B. 2014. "Multilevel Modeling of The Traffic Dynamic". IEEE 15 (3) : 1066-1082
- Lee C., J.W. Yu, H.R. Yoon and K. Sohn. 2005. "Characterizing Urban Network Performance Using Two-Fluid Model", *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies* 6 : 1534 – 1544.
- Li Z., S. Yin, Y. Tian, L. Li, Z. Zhao and Y. Ji. 2008. "Urban Traffic Flow Volume Modeling for Beijing Using a Mixed-Flow Model". *Journal of Transportations Systems Engineering and Information Technology* 8 (3).
- Park P.Y. and M. Abdel-Aty. 2011. *A Stochastic Catastrophe Model Using Two-Fluid Model Parameters to Investigate Traffic Safety on Urban Arterials. Accident Analysis and Prevention*. Elsevier.
- Putra, Hasriwan. 2011. *Urban Traffic Management Using Intelligent Transportation System (ITS)*. Tesis, Departemen Teknik Sipil, Universitas Indonesia.
- Quek C., M. Pasquier and B. Lim. 2009. "A novel self-organizing fuzzy rule-based system for modeling traffic flow behavior", *Expert Systems with Applications* 36 : 12167–12178.
- Rakhmat L.A. dan A.A. Bawono. 2009. *Analisis Dampak Lalu Lintas Akibat Pembangunan Gedung Graha Energi (Medco Tower)*. Institut Teknologi Bandung.

- Tolba C., D. Lefebvre, P. Thomas and A. El Moudni. 2005. *Continuous and timed Petri Nets for the macroscopic and microscopic traffic flow modelling, Simulation Modelling practice and Theory*. Elsevier.
- Van den Berg M., A. Hegyi, B. De Schutter, and J. Hellendoorn. 2003. "A Macroscopic Traffic Flow Model for Integrated Control of Freeway and Urban Traffic Networks". *Proceedings of the 42nd IEEE Conference on Decision and Control Mad*.
- Williams J.C., H.S. Mahmassani and R. Herman. 1995. "Sampling Strategies for Two-Fluid Model Parameter Estimation in Urban Networks". *Elsevier Science 29A (3) : 229-244*.
- Yu Y.J and M.G. Cho. 2008. "A Short-Term Prediction Model for Forecasting Traffic Information Using Bayesian network", *International conference on convergence and hybrid IT*.
- Z. Xiang, R. Jian, W. Jiancheng and S. Changqiao. 2007. "Network-wide Performance Assessment of Urban Traffic Based on Probe Vehicle Data", *Proceedings of IEEE Intelligent Transportation Systems Conference Seattle*.
- Badan Pusat Statistik Prov. DKI Jakarta. 2011. Statistik Transportasi DKI Jakarta Tahun 2011. http://jakarta.bps.go.id/backend/pdf_publicasi/Statistik-Transportasi-DKI-Jakarta-Tahun-2011.pdf.
- <http://www.oktal.fr/fr/automobile/gammes-de-simulateurs/produits-logiciels-scanner>
- <http://scbd.com/menu/page/home>
- www.intrade-nwe.eu