

Simulasi Arus Lalu Lintas Menggunakan Perangkat Lunak Simulink

Tanjiro Salim^{#1}, Maclaurin Hutagalung^{*2}, Herman Yosef Sutarto^{#3}

[#]Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Harapan Bangsa

^{*}Program Studi Sistem Komputer, Institut Teknologi Harapan Bangsa
Jl. Dipatiukur no 80-84, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

¹tanjirosalim@gmail.com

²maclaurin@ithb.ac.id

³hy.sutarto@ithb.ac.id

Abstract— The optimization of the road network can be done by trying various events in the real world and observing it's effect to the network. So the traffic simulation is needed. In this study, the road traffic flow is assumed to follows Gaussian distribution. Characteristics of Gaussian distributions that can be used is average and variance of traffic flow data and average traffic and variance data directly entered by the user. The program proposed will produce a visual of moving vehicles in forms of dots according to certain scale. In this study simulated two-way traffic so that the dots are set to have different colors based on the direction of the simulated vehicle. To examine the traffic simulation proposed, used observations data on Jalan Dipatiukur for four hours on September 20, 2017 from 06.00-10.00 and observation data on July 09, 2018, at the same time and hour. The simulations generated based on both traffic flow data produce a similar appearance. This proves that the simulation proposed in this study have a satisfactory consistency because the traffic flow data from the same day and time will produce a similar appearance.

Keywords — Simulation software, Traffic Flow Visualization, Traffic Simulation, Intelligent Transportation System, Simulink.

Abstrak— Optimalisasi jalan bisa dilakukan dengan mencoba berbagai kejadian di dunia nyata dan mengamati dampak kejadian tersebut terhadap kondisi lalu lintas. Untuk itu perlu dibuat simulasi arus lalu lintas. Pada penelitian ini arus lalu lintas diasumsikan mengikuti distribusi Gaussian. Karakteristik distribusi Gaussian yang digunakan dapat didasarkan pada nilai rata-rata dan variansi dari data hasil pengamatan arus lalu lintas maupun nilai rata-rata dan variansi yang dimasukkan langsung oleh pengguna. Program yang dibuat akan menciptakan visual kendaraan berjalan yang berbentuk sekumpulan titik-titik berdasarkan skala tertentu. Pada penelitian ini disimulasikan dua arah lalu lintas sehingga titik-titik yang dimunculkan dibuat beda warnanya berdasarkan arah gerak kendaraan yang disimulasikan. Untuk menguji simulasi yang diciptakan, digunakan data hasil pengamatan lapangan di ruas Jalan Dipatiukur selama empat jam pada tanggal 20 September 2017 dari pukul 06.00-10.00 dan data pengamatan pada tanggal 09 Juli 2018, pada jam dan tempat yang sama. Simulasi yang dihasilkan berdasarkan data arus lalu lintas dari kedua data tersebut menghasilkan tampilan yang serupa. Hal ini membuktikan bahwa simulasi yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki konsistensi yang memuaskan karena simulasi yang dihasilkan berdasarkan arus lalu lintas dari hari dan waktu yang sama akan menghasilkan tampilan yang serupa.

Kata Kunci — Perangkat lunak simulasi, Visualisasi arus lalu lintas, Traffic Simulation, Intelligent Transportation System, Simulink

I. PENDAHULUAN

Lalu lintas Kota Bandung yang bertambah padat karena jumlah kendaraan yang terus bertambah tidak diimbangi bertambahnya ruas jalan. Hal ini menyebabkan kemacetan lalu lintas semakin parah. Kemacetan ini sebenarnya bisa diurai lebih efisien dengan cara menerapkan *Intelligent Transportation Sistem* (ITS).

ITS dapat diterapkan untuk mengatur lalu lintas secara adaptif dengan mengoptimalkan penggunaan infrastruktur jalan yang telah ada. Untuk menerapkan ITS ini dibutuhkan model untuk menggambarkan dinamika lalu lintas pada tiap ruas dan persimpangan. Dua komponen yang perlu dimodelkan yakni arus kendaraan dan antrian [1]. Kedua model tersebut akan digunakan sebagai dasar sistem ITS yang perlu diuji akurasi. Jika ITS dibangun berdasarkan model yang tidak akurat, maka kontrol lalu lintas yang dilakukan sistem tersebut tidak efektif, bahkan dapat memperparah kemacetan [1].

Perilaku lalu lintas di suatu wilayah berbeda dengan wilayah lainnya, sehingga perlu dibuat model tersendiri untuk setiap daerah. Di Indonesia ITS sudah pernah diterapkan di beberapa kota, seperti Surabaya dan Jakarta. Kemacetan tidak hanya disebabkan dari jumlah kendaraan yang banyak, tapi juga disebabkan oleh faktor manusia, fasilitas dan alam. Ketiganya membuat kondisi lalu lintas semakin buruk. Dibutuhkan solusi lain yang bisa mengurai kemacetan tersebut untuk mengurangi efek samping seperti polusi dan sebagainya. Salah satu solusi yang bisa dilakukan adalah membuat lalu lintas lebih pintar yang mampu beradaptasi.

Untuk mengetahui dampak dari perubahan karakteristik lalu lintas terhadap kondisi ruas jalan tertentu, dapat dilakukan dengan bantuan simulasi lalu lintas. Simulasi arus kendaraan yang dirancang diharapkan bisa mendekati keadaan jalan yang sesungguhnya. Maka dari itu jika ITS akan diterapkan di Kota Bandung, maka perlu dibuat model lalu lintas tersendiri berdasarkan data lalu lintas di Kota Bandung. Kondisi lalu lintas dapat ditampilkan dalam bentuk simulasi arus lalu lintas dalam satuan jumlah kendaraan yang lewat per menit.

Riset terkait pernah dilakukan oleh Herman Y. Sutarto di jalan Diponegoro - Soetomo, Surabaya menggunakan perangkat lunak SUMO. Parameter yang digunakan seperti kendaraan, kecepatan, percepatan, perlambatan, panjang kendaraan, dan jarak antar kendaraan. Untuk mengatur lampu lalu lintasnya dilakukan dengan memasang sensor dan diolah dengan perangkat SUMO dan Matlab [2].

Riset lain juga pernah dilakukan di jalan M. H. Thamrin - jalan Budi Kemulyaan Jakarta. Cara kerjanya adalah memasang sensor video yang berfungsi untuk menghitung jumlah kendaraan yang melintas per satuan waktu. Sensor tersebut dihubungkan ke sistem "SCATS" (The Sydney Coordinated Adaptive Traffic System) untuk mengatur arus lalu lintas dengan cara mengatur durasi lampu lalu lintas tiap persimpangan sekitar [3].

Perumusan masalah dan konfigurasi sistem akan dijelaskan pada bagian II pada makalah ini. Bagian III akan menjelaskan pengumpulan data dan pengujian sistem. Bagian IV berisi kesimpulan.

II. KONTEN UTAMA

Untuk mengetahui dampak dari perubahan karakteristik lalu lintas terhadap kondisi ruas jalan tertentu, dapat dilakukan dengan bantuan simulasi lalu lintas. Simulasi yang dirancang diharapkan mendekati keadaan jalan yang sesungguhnya. Dengan demikian, pengambilan keputusan dapat dilakukan berdasarkan hasil simulasi. Namun pada penelitian ini, tidak dibahas bagaimana menyusun kebijakan pengaturan lalu lintas. Berikut perumusan masalah dari perancangan simulasi.

A. Perumusan Masalah

Informasi kondisi lalu lintas harus dapat dengan mudah dipahami oleh pengguna. Oleh karena itu perlu dirancang suatu tampilan informasi kondisi lalu lintas yang sederhana dengan informasi yang lengkap. Informasi tersebut ditampilkan dalam simulasi yang menunjukkan animasi perubahan arus lalu lintas dari waktu ke waktu.

Simulasi akan dibuat dengan perangkat lunak Simulink dan Matlab. Masukan simulasi arus lalu lintas adalah berupa parameter rata-rata dan variansi arus lalu lintas yang dihasilkan dari proses observasi. Masukan ini dapat diubah sewaktu waktu secara manual oleh pengelola simulasi. Oleh karena itu, simulasi sistem ini harus memiliki masukan yang adaptif. Hasilnya simulasi akan menampilkan pergerakan arus kendaraan-kendaraan tersebut pada ruas jalan yang disimulasikan dengan skala tertentu. Arus lalu lintas didefinisikan berdasarkan asumsi FFM. *Fluid Flow Model* (FFM) menggambarkan arus lalu lintas seperti pergerakan cairan. FFM menggambarkan aliran sebagai variabel acak $\alpha_{t_k} = \frac{N_{t_k}}{t_{k+1} - t_k}$ yang berfungsi menunjukkan jumlah kendaraan yang lewat pada waktu tertentu $[t_k, t_{k+1})$, dimana N_{t_k} adalah banyak kendaraan yang lewat selama waktu $[t_k, t_{k+1})$. Dengan demikian, α_{t_k} akan bernilai bilangan *real* non-negatif. Jadi, dapat diasumsikan bahwa arus lalu lintas pada interval

$[t_k, t_{k+1})$ bersifat konstan dan jarak antar kendaraan pada interval waktu tersebut sama [1], [4].

Pada penelitian ini akan dibuat simulasi model arus lalu lintas pada Jalan Dipatiukur diantara persimpangan Jalan Dipatiukur-Jalan Multatuli dan persimpangan Jalan Dipatiukur-Jalan Raden Patah. Hasil akhir yang diharapkan adalah simulasi lalu lintas dengan masukan dari data yang dimiliki pengguna maupun nilai rata-rata dan variansi arus lalu lintas yang dimasukan pengguna.

B. Konfigurasi Sistem

Pada simulasi yang dibuat pada penelitian ini, digunakan skala tertentu untuk menyesuaikan keadaan jalan yang sebenarnya dengan keadaan jalan pada simulasi. Skala tersebut akan mengatur kecepatan kendaraan, panjang jalan, dan skala waktu berdasarkan asumsi-asumsi tertentu. Panjang jalan yang disimulasikan adalah 232 meter. Juga terdapat asumsi bahwa diperlukan waktu 25 detik oleh suatu kendaraan untuk melintasi ruas jalan yang disimulasikan. Dengan asumsi-asumsi tersebut, maka kecepatan kendaraan dalam simulasi dapat dihitung dengan cara berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{Panjang jalan yang} &= 232 \text{ meter} \\ \text{disimulasikan} & \\ \text{Kecepatan} &= \frac{232}{25} \approx 9,30 \text{ meter per detik} \\ &\approx 34 \text{ km per jam} \end{aligned}$$

Pada konfigurasi simulasi, dilakukan simulasi terhadap ruas jalan sepanjang 232 meter. Dengan kecepatan yang sama (34 kilometer per jam), maka waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak 232 meter adalah:

$$\begin{aligned} \text{Panjang jalan pada simulasi} &= 232 \text{ meter} \\ \text{Waktu tempuh pada simulasi} &= 25 \text{ detik} \end{aligned}$$

Berdasarkan percobaan, kendaraan yang ada pada simulasi dapat menempuh jarak 232 meter dalam waktu 0,14 detik. Sehingga, skala waktu yang digunakan pada penelitian ini adalah:

$$\begin{aligned} 0,14 \text{ detik waktu simulasi} &= 25 \text{ detik nyata} \\ 1 \text{ detik simulasi} &= \frac{25}{0,14} \text{ detik nyata} \\ &\approx 178 \text{ detik nyata} \end{aligned}$$

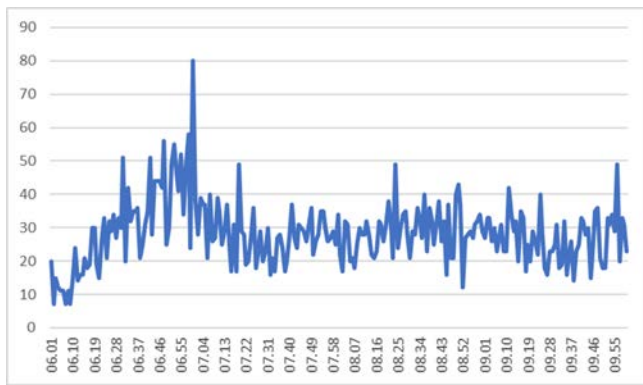
Sehingga, 1 menit nyata akan diwakili oleh:

$$178 \text{ detik nyata} = 1 \text{ detik simulasi}$$

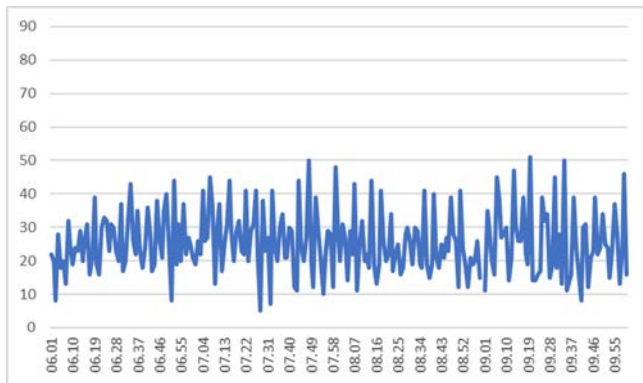
$$\begin{aligned} 60 \text{ detik nyata} &= \frac{60}{178} \text{ detik simulasi} \\ &\approx 0,4 \text{ detik simulasi} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka data arus lalu lintas selama empat jam akan digambarkan dalam simulasi selama:

$$\begin{aligned} 4 \text{ jam nyata} &= 14.400 \text{ detik} \\ \text{nyata} &= \frac{14400}{178} \text{ detik simulasi} \\ &\approx 81 \text{ detik simulasi} \end{aligned}$$



a



b

Gambar 1. Sumbu horisontal: waktu, sumbu vertikal: jumlah kendaraan lewat per 1 menit (a) Jumlah kendaraan dari arah selatan ke utara selama masa observasi pada 20 September 2017. (b) Jumlah kendaraan dari arah utara ke selatan selama masa observasi pada 20 September 2017.

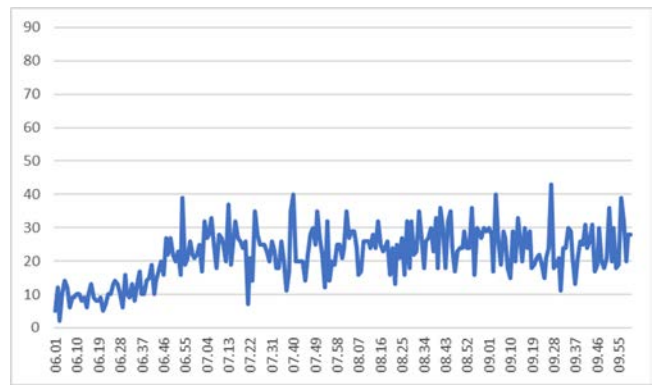
Simulasi membutuhkan nilai rata-rata dan variansi arus lalu lintas per sepuluh menit untuk kedua arah lalu lintas yang disimulasikan. Nilai-nilai ini dapat diperoleh dari nilai yang dimasukkan oleh penggunaan secara manual maupun dari pengolahan data arus lalu lintas yang dihasilkan dari proses observasi. Jika nilai rata-rata dan variansi yang digunakan didasarkan pada data arus lalu lintas hasil observasi, pengguna perlu memasukkan data arus lalu lintas hasil observasi untuk kedua arah lalu lintas dalam bentuk *array*.

Nilai rata-rata dan variansi per sepuluh menit kedua arah lalu lintas yang digunakan dimanfaatkan untuk menciptakan angka-angka acak yang terdistribusi Gaussian. Jumlah angka acak yang diciptakan sesuai dengan jumlah menit yang disimulasikan. Karena simulasi akan menggambarkan kondisi lalu lintas selama empat jam, maka untuk setiap arah lalu lintas akan diciptakan 240 angka acak terdistribusi Gaussian berdasarkan nilai rata-rata dan variansi per sepuluh menit yang digunakan.

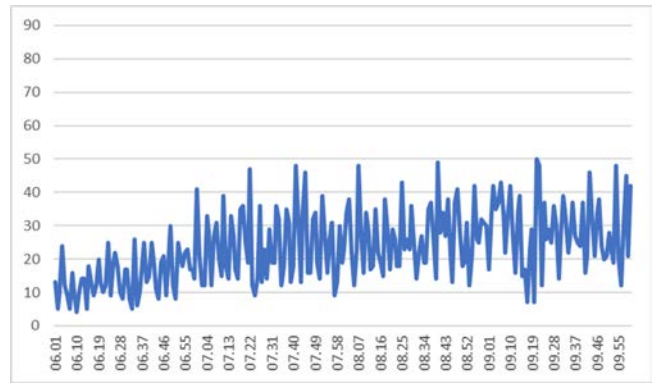
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Observasi dilakukan dengan mengumpulkan arus lalu lintas yang akan dijadikan dasar bagi perancangan simulasi.

A. Pengumpulan data



a



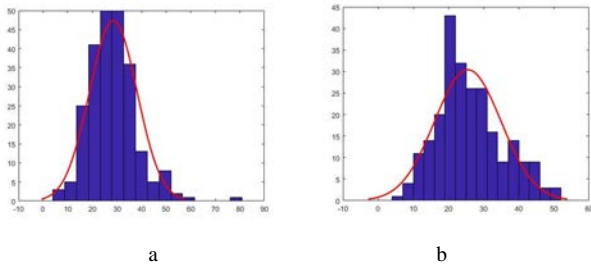
b

Gambar 2. Sumbu horisontal: waktu, sumbu vertikal: jumlah kendaraan lewat per 1 menit (a) Jumlah kendaraan dari arah selatan ke utara selama masa observasi pada 9 Juli 2018. (b) Jumlah kendaraan dari arah utara ke selatan selama masa observasi pada 9 Juli 2018.

Observasi dilakukan pada tanggal 20 September 2017 pada pukul 06.00-10.00 dan tanggal 9 Juli 2018 pada waktu dan hari yang sama. Hari dipilih Senin dan waktu dipilih 06.00-10.00 dikarenakan berdasarkan pengalaman pada jam sekitar 06.30 – 08.00 arus lalu lintas mencapai puncaknya.

Dengan mengamati arus lalu lintas dari pukul 06.00-10.00 dapat diamati perubahan arus lalu lintas dari waktu ke waktu. Observasi dengan menghitung kendaraan yang lewat, dan dicatat tiap menit. Pengamatan dilakukan di 2 arah jalan di ruas Jalan Dipatiukur. Sifatnya tidak membedakan jenis kendaraan, artinya apapun kendaraan yang melintas dihitung satu kendaraan.

Kedua observasi tersebut, masing-masing menghasilkan 240 sampel data arus lalu lintas dengan satuan kendaraan per menit, tiap arah ruas Jalan Dipatiukur. Pada kedua observasi tersebut, arus lalu lintas dari arah selatan ke utara mengalami peningkatan pada pukul 06.00-07.00. Pada waktu-waktu berikutnya cenderung stabil. Sedangkan dari arah utara ke selatan, arus lalu lintas cenderung stabil sepanjang waktu pengamatan, dikarenakan arus lalu lintas dari arah utara bersumber dari sebuah perempatan dengan lampu lalu lintas, sehingga arus lalu lintas cenderung tertahan. Data yang diperoleh dari proses observasi ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 3. Sumbu horisontal: jumlah kendaraan per 10 menit, sumbu vertikal: frekuensi (a) Perbandingan histogram data pengamatan dari arah selatan pada tanggal 20 September 2017 terhadap kurva Gaussian. (b) Perbandingan histogram data pengamatan dari arah utara pada tanggal 20

Sampel-sampel data yang telah dikumpulkan diuji apakah mengikuti suatu distribusi tertentu dengan membuat histogram dari data-data tersebut. Histogram data arus lalu lintas pada observasi 20 September 2017 ditampilkan pada Gambar 3 dan observasi 9 Juli 2018 ditampilkan pada Gambar 4.

Pada Gambar 3 dan Gambar 4, dapat dilihat bahwa histogram data-data yang dihasilkan dari proses observasi cenderung membentuk kurva lonceng yang simetris. Hal ini sesuai dengan histogram data terdistribusi Gaussian. Sehingga, dapat diasumsikan bahwa data arus lalu lintas yang dihasilkan dari proses observasi mengikuti distribusi Gaussian.

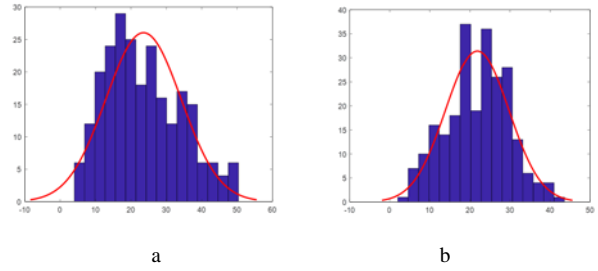
Berdasarkan data yang dihasilkan dari hasil pengamatan, pada tanggal 20 September 2017 didapatkan nilai rata-rata 25,5 dan standar deviasi 9,46 dari arah utara ke selatan. Sedangkan data arus lalu lintas dari arah selatan ke utara memiliki nilai rata-rata 28,5 dan standar deviasi 9,70. Pada tanggal 9 Juli 2018 didapatkan nilai rata-rata 23,5 dan standar deviasi 10,66 dari arah utara ke selatan. Sedangkan data arus lalu lintas dari arah selatan ke utara memiliki nilai rata-rata 21,8 dan standar deviasi 7,93. Data pada tanggal 9 Juli 2018 lebih rendah nilai rata-ratanya karena arus lalu lintas di hari tersebut cenderung lebih sepi daripada tanggal 20 September 2017. Hal ini terjadi karena pada tanggal 9 Juli 2018 beberapa institusi pendidikan sedang memasuki masa libur antara semester genap dan semester ganjil, sehingga tidak terlalu banyak masyarakat yang pergi menuju institusi pendidikan yang terdapat di sekitar Jalan Dipatiukur dan Ir. H. Djuanda. Ketika nilai-nilai tersebut digunakan untuk membentuk kurva PDF distribusi Gaussian, dihasilkan kurva yang bentuknya mendekati grafik histogram yang telah ditampilkan sebelumnya pada Gambar 3 dan 4.

B. Pengujian Sistem

Dengan berbagai konfigurasi yang telah diatur, dapat dihasilkan simulasi yang dapat menggambarkan keadaan ruas jalan yang disimulasikan sesuai dengan kondisi dan skala yang ditentukan. Dengan asumsi bahwa 1 titik melambangkan 10 mobil supaya tidak terlalu banyak titik yang muncul ketika rata-rata diatas 30. Pada titik berwarna merah dari arah selatan ke utara, dan titik berwarna biru dari arah utara ke selatan.

Simulasi yang dibuat pada penelitian ini dapat digunakan dengan dua macam masukan yaitu:

- Pengguna memasukkan data arus lalu lintas untuk kedua arah. Simulasi akan menghitung rata-rata dan



Gambar 4. Sumbu horisontal: jumlah kendaraan per 10 menit, sumbu vertikal: frekuensi (a) Perbandingan histogram data pengamatan dari arah utara pada tanggal 9 Juli 2018 terhadap kurva Gaussian. (b) Perbandingan histogram data pengamatan dari arah selatan pada tanggal 9 Juli 2018

variansi per sepuluh menit dari data arus lalu lintas tersebut kemudian menjalankan animasi sesuai dengan nilai rata-rata dan variansi tersebut.

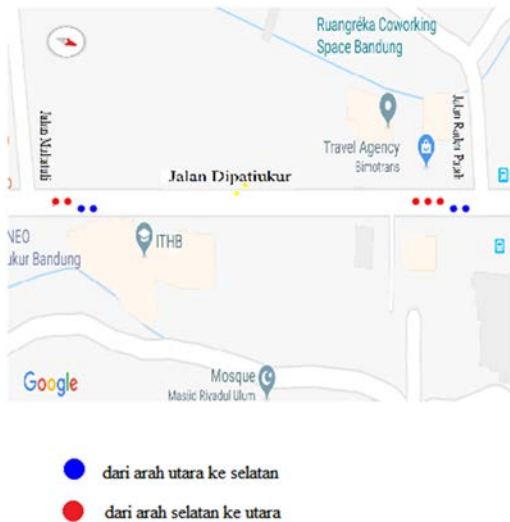
- Pengguna langsung memasukkan nilai rata-rata dan variansi untuk kedua arah arus lalu lintas. Animasi akan dijalankan sesuai dengan nilai rata-rata dan variansi tersebut.

Untuk mencoba penggunaan simulasi dengan masukan tipe pertama, digunakan data arus lalu lintas pada hari Senin tanggal 20 September 2017 pukul 06.00-10.00 dan hari Senin 09 Juli 2018 pukul 06.00-10.00 sebagai data pembanding. Data arus lalu lintas pada hari Senin 09 Juli 2018 cenderung lebih sepi daripada data arus lalu lintas pada hari Senin tanggal 20 September 2017 dengan nilai rata-rata 23,5 dan standar deviasi 10,66 dari arah utara ke selatan dan nilai rata-rata 21,8 dan standar deviasi 7,93 untuk arus lalu lintas dari selatan ke utara. Hal ini juga terlihat pada tampilan simulasi untuk arus lalu lintas pada hari Senin 09 Juli 2018 yang menampilkan titik-titik dengan jumlah lebih sedikit. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa simulasi yang dirancang pada penelitian ini dapat memunculkan tampilan yang sesuai dengan data yang dimasukkan. Tampilan simulasi berdasarkan data hasil pengamatan hari Senin 20 September 2017 pukul 06.00-10.00 ditunjukkan pada Gambar 5. Tampilan simulasi berdasarkan data hasil pengamatan hari Senin 09 Juli 2018 pukul 06.00-10.00 ditunjukkan pada Gambar 6. Dari kedua gambar tersebut dapat dilihat bahwa simulasi yang dihasilkan berdasarkan arus lalu lintas dari hari dan waktu yang sama akan menghasilkan tampilan yang serupa. Hal ini menunjukkan bahwa simulasi yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki konsistensi yang memuaskan.

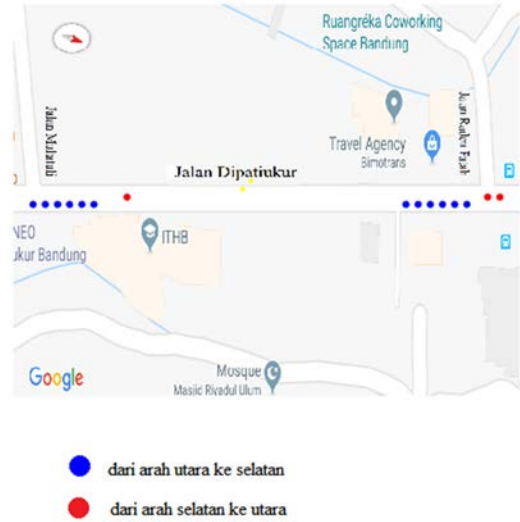
Untuk mencoba penggunaan simulasi dengan masukan tipe kedua, digunakan masukan nilai rata-rata 60 dan nilai standar deviasi 10 untuk arus lalu lintas dari arah utara ke selatan dan nilai rata-rata 10 dan nilai standar deviasi 3,16 untuk arus lalu lintas dari arah selatan ke utara. Tampilan simulasi berdasarkan nilai rata-rata dan variansi yang dimasukkan langsung oleh pengguna ditunjukkan pada Gambar 7. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa jumlah titik-titik yang mewakili kendaraan pada simulasi sesuai dengan nilai rata-rata dan variansi yang dimasukkan.

IV. KESIMPULAN

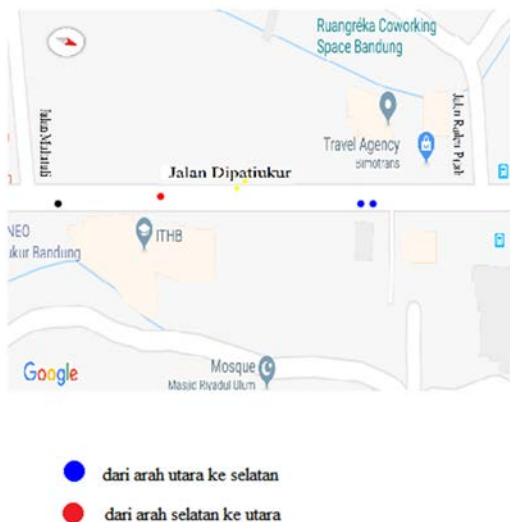
Simulasi ini digunakan untuk melihat gambaran kondisi su-



Gambar 5. Tampilan simulasi berdasarkan data hasil pengamatan hari Senin 20 September 2017 pukul 06.00-10.00.



Gambar 7. Tampilan simulasi berdasarkan nilai rata-rata dan variansi yang dimasukkan langsung oleh pengguna



Gambar 6. Tampilan simulasi berdasarkan data hasil pengamatan hari Senin 09 Juli 2018 pukul 06.00-10.00.

-atu arus lalu lintas pada jalan tertentu secara visual. Dari hasil analisa, dapat disimpulkan bahwa simulasi didasarkan pada data arus lalu lintas yang didapatkan dari proses observasi. Observasi dilakukan selama dua kali yaitu tanggal 20 September 2017 dan 9 Juli 2018, masing-masing selama 4 jam, yaitu 06.00-10.00. Pada observasi pada tanggal 20 September 2017 didapatkan nilai rata-rata 25,5 dan standar deviasi 9,46 dari arah utara ke selatan. Sedangkan data arus lalu lintas dari arah selatan ke utara memiliki nilai rata-rata 28,5 dan standar deviasi 9,70. Setelah dibandingkan dengan data pembanding, data arus lalu lintas tanggal 09 Juli 2018 yang arus lalu lintasnya cenderung lebih sepi dengan nilai rata-rata 23,5 dan standar deviasi 10,66 dari arah utara ke selatan. Sedangkan data arus lalu lintas dari arah selatan ke utara memiliki nilai

rata-rata 21,8 dan standar deviasi 7,93. Observasi pada tanggal 9 Juli 2018 menghasilkan rata-rata lebih rendah dari 20 September 2017. Ternyata pada simulasi juga menampilkan animasi kendaraan dengan jumlah yang lebih sedikit. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa simulasi yang dirancang pada penelitian ini dapat memunculkan tampilan yang sesuai dengan data yang dimasukkan.

DAFTAR REFERENSI

- [1] H. Y. Sutarto, "Adaptive Control for Traffic Signals Using a Stochastic Hybrid System Model." Ph.D Thesis, Universiteit Gent, Belgium, 2016.
- [2] M. Zaky, D.G. Airulla, E. Joelianto, and H. Y. Sutarto, "Urban Traffic Simulation Using SUMO Open Source Tools". *Internetworking Indonesia Journal*, vol. 9, 2017.
- [3] H. Y. Sutarto, "Pemodelan dan Simulasi Antrian pada Persimpangan dengan Simulator Discrete Event Sistem," *Jurnal Telematika*, vol. 9, pp. 58-63, 2014.
- [4] H. Y. Sutarto and E. Joelianto. "Modeling, Identification, Estimation, and Simulation of Urban Traffic Flow in Jakarta and Bandung." *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*, vol. 6, no. 1, pp. 57-66, Apr. 2015.

Tanjiro Salim, menyelesaikan Sarjana Strata 1 (S1) di Program Studi Teknik Elektro di Institut Teknologi Harapan Bangsa, Bandung, pada tahun 2018.

Maclaurin Hutagalung, menerima gelar Sarjana Teknik dari ITB Jurusan Teknik Elektro, gelar Magister Sains dari University of Twente Belanda di bidang Sinyal, Sistem, dan Kendali, dan gelar Doktor dari Tokyo Institute of Technology di bidang Sistem Kendali Nonlinear. Sejak tahun 2012 aktif sebagai pengajar di Program Studi Sistem Komputer ITHB di Bandung. Minat penelitian pada system kendali, sistem dinamis, robotika, dan penerbangan.

Herman Yosef Sutarto, menerima gelar Sarjana Teknik dan Master Teknik dari Teknik Elektro, ITB, bidang Sistem Kendali. Minat riset di bidang teknik identifikasi, estimasi, kontrol, *approximate abstraction* dan *formal verification* untuk Sistem Stokastik Hibrida dan *discrete event system*, serta *biosemiotics* dan *science and technologies studies*. Aktif sebagai pengajar di Prodi Teknik Elektro ITHB, Bandung.

Halaman kosong