

USULAN PERBAIKAN SISTEM ANGKUTAN KOTA BOGOR UNTUK MENGURANGI KEMACETAN

Robby Hartono¹, Bagus Made Arthaya², Alfian³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Ciumbuleuit 94 40141 Telp 022 2032655
Email: robby_1108@yahoo.com

Abstrak

Kota Bogor merupakan kota yang memiliki tingkat kemacetan lalu lintas tertinggi di Indonesia. Kemacetan tersebut sebagian besar disebabkan oleh banyaknya angkutan kota (angkot) yang beroperasi serta perilaku para supir angkutan yang sering melanggar peraturan lalu lintas, salah satunya yaitu menyetem. Adanya sistem target setoran yang harus ditanggung oleh para supir angkot menyebabkan tindakan menyetem semakin marak terjadi. Penelitian yang akan dilakukan bertujuan untuk memberikan usulan perbaikan sistem angkutan kota Bogor dan mengetahui seberapa besar dampak usulan tersebut terhadap pengurangan kemacetan di Kota Bogor.

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah simulasi sistem dengan menggunakan program PTV VISSIM 7. Simulasi sistem digunakan untuk penelitian ini karena sistem angkutan kota Bogor terlalu rumit untuk dievaluasi dengan metode analitis. Pembuatan model simulasi dilakukan terhadap salah satu ruas jalan di Kota Bogor yang memiliki tingkat kemacetan terparah yaitu Jalan Lawang Seketeng. Ukuran performansi yang dipilih pada penelitian ini adalah rata-rata waktu kendaraan dalam menempuh perjalanan di ruas Jalan Lawang Seketeng.

Berdasarkan pengamatan terhadap sistem yang disimulasikan, diusulkan adanya perubahan sistem "kejar setoran" menjadi sistem gaji, dan penggunaan sistem BUSA atau Buitenzorg Smart Angkot. Sistem BUSA merupakan perpaduan antara angkot tradisional dengan teknologi masa kini seperti sensor, aktuator, mikrokontroler, dan global positioning system (GPS). Sistem BUSA ini akan membantu para calon penumpang untuk mengetahui sisa kapasitas kursi yang ada di sebuah angkot serta membantu para pemilik angkot dalam mengawasi kinerja supir angkot sehari-hari. Kedua usulan tersebut dapat menghilangkan tindakan menyetem dan mengurangi kemungkinan angkot untuk berhenti. Dengan adanya usulan ini rata-rata waktu kendaraan dalam menempuh perjalanan di ruas Jalan Lawang Seketeng berkurang dari 612 detik menjadi 245 detik.

Kata kunci: *angkot; menyetem; ruas Jalan Lawang Seketeng; simulasi*

Pendahuluan

Pertumbuhan dan perkembangan suatu wilayah dipengaruhi oleh beberapa faktor baik itu faktor internal maupun eksternal. Salah satu faktor yang sangat mempengaruhi perkembangan suatu wilayah adalah faktor transportasi. Transportasi merupakan kegiatan yang berperan penting dalam pembangunan dan perekonomian suatu wilayah karena transportasi sangat erat kaitannya dengan aktifitas masyarakat terutama di daerah perkotaan. Tanpa adanya transportasi maka aktivitas ataupun kegiatan masyarakat menjadi terganggu, oleh sebab itu diperlukan adanya suatu sistem transportasi yang lancar, tertib, aman, dan nyaman agar dapat meningkatkan pembangunan dan perekonomian wilayah tersebut.

Kotamadya Bogor merupakan salah satu kota penyangga DKI Jakarta, sehingga pertumbuhannya bersamaan dengan perkembangan di ibukota. Tidak sedikit penduduk Kota Bogor yang bekerja dan beraktivitas di Jakarta, oleh karena itu diperlukan adanya sarana dan prasarana transportasi yang lebih baik dan lengkap di Kota Bogor. Sejak tahun 1980, Kota Bogor mulai melakukan pembangunan transportasi dalam kota seperti jalan dan jembatan penyeberangan. Seiring dengan itu, permintaan masyarakat akan jasa transportasi termasuk angkutan umum juga semakin meningkat. Angkutan Kota (angkot) merupakan salah satu jenis sarana transportasi umum yang paling banyak digunakan oleh masyarakat Kota Bogor. Hal tersebut dikarenakan tarif angkutan kota yang relatif murah dan terjangkau oleh sebagian besar kalangan masyarakat. Tarif angkutan kota Bogor saat ini sebesar Rp 3.500 yang berlaku baik untuk jarak dekat maupun jarak jauh.

Peningkatan permintaan akan jasa layanan angkutan kota di Bogor membuat jumlah angkot yang beroperasi bertambah secara cepat dan diluar kendali. Hal ini dapat dilihat dari semakin bertambahnya trayek dan jumlah

angkot yang ada di Kota Bogor. Menurut Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (DLLAJ), pada tahun 1996, tercatat jumlah angkot yang beroperasi sebanyak 2.343 unit dengan melayani 17 trayek. Sepuluh tahun kemudian yaitu tahun 2006, jumlah angkot yang beroperasi sebanyak 3.506 unit dengan melayani 22 trayek. Pada tahun 2010, Pemerintah Kota Bogor melakukan pengurangan jumlah angkot untuk menekan tingkat kepadatan arus lalu lintas menjadi 3.412 unit dengan melayani 23 trayek. Karena jumlah angkot yang beroperasi di Kota Bogor terlalu banyak, Kota Bogor yang dahulu dikenal sebagai “Kota Hujan” mendapatkan julukan baru yaitu “Kota Sejuta Angkot”.

Jumlah angkot yang terlampau banyak menyebabkan timbulnya berbagai masalah salah satunya adalah kemacetan lalu lintas. Kemacetan lalu lintas ini memberikan dampak negatif yang cukup besar antara lain kerugian waktu, pemborosan energi, peningkatan polusi udara, serta mengganggu kelancaran kendaraan darurat seperti ambulans dan pemadam kebakaran dalam menjalankan tugasnya. Dengan adanya permasalahan ini maka dirancanglah penelitian untuk memperbaiki sistem angkutan kota untuk mengurangi kemacetan di Kota Bogor.

Pertumbuhan jumlah angkutan kota di Kota Bogor terus meningkat setiap tahunnya. Hingga tahun 2016 terdapat 23 trayek Angkutan Kota (AK) dengan jumlah armada 3.412 unit, 10 trayek Angkutan (Perkotaan) Antar Kota Dalam Provinsi (AKDP) dengan jumlah armada 4.426 unit, serta 3 buah koridor Angkutan Massal Trans Pakuan dengan jumlah armada 30 unit. Peningkatan jumlah angkot dan ketidakteraturan angkot di jalan raya semakin memperparah kemacetan di Bogor. Berdasarkan data Kementerian Perhubungan (Kemenhub) tahun 2014, Kota Bogor menempati urutan pertama sebagai kota termacet dan terpadat lalu lintasnya di Indonesia. Data untuk sepuluh kota termacet yang terdapat di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa Kota Bogor memiliki rata-rata kecepatan kendaraan yang paling rendah dibandingkan dengan kota lainnya. Rata-rata kecepatan kendaraan di Bogor hanya sebesar 15,32 kilometer per jam dan volume per kapasitas atau *V/C ratio* sebesar 0,86. *V/C ratio* merupakan tingkat perbandingan antara jumlah kendaraan dengan daya tampung jalan. *V/C ratio* yang bernilai 0,7 dapat diartikan bahwa kapasitas jalan raya 10, dan terisi oleh kendaraan sebanyak 7 buah.

Tabel 1. Data sepuluh kota termacet di Indonesia

No	Kota	Rata-rata Kecepatan Kendaraan (km/jam)	V/C Ratio
1	Bogor	15,32	0,86
2	DKI Jakarta	16	0,85
3	Bandung	17,3	0,85
4	Surabaya	21	0,83
5	Depok	21,4	0,83
6	Bekasi	21,86	0,83
7	Tangerang	22	0,82
8	Medan	23,4	0,76
9	Makassar	24,06	0,73
10	Semarang	27	0,72

Salah satu penyebab utama kemacetan di Kota Bogor adalah banyaknya angkutan kota yang beroperasi serta para supir angkutan yang tidak mematuhi peraturan lalu lintas. Setiap hari para supir angkot ini dikenai setoran dengan jumlah tertentu sesuai dengan trayeknya masing-masing. Untuk memenuhi setoran yang telah ditentukan tersebut, maka para supir angkot harus mengejar target setoran atau yang lebih dikenal dengan istilah ‘kejar setoran’.

Dalam kesehariannya, kejar setoran ini memberikan pengaruh yang buruk terhadap perilaku para supir angkot pada saat mengemudi. Perilaku dan kebiasaan buruk yang sering dilakukan supir angkot antara lain: melanggar rambu-rambu lalu lintas, berhenti mendadak, *mengetem* di sembarang tempat, memotong jalan tanpa memberi isyarat, dan mengisi muatan armada secara berlebihan. Hal-hal tersebut sangatlah mengganggu pengguna jalan lain serta menyebabkan kemacetan dan ketidaknyamanan berlalu lintas.

Selain dikarenakan angkot yang *mengetem* di sembarang tempat, terdapat beberapa masalah lain yang menyebabkan kemacetan di Kota Bogor seperti banyaknya angkot yang berhenti untuk memanggil penumpang. Ketika sedang berjalan, angkot dapat berhenti tiba-tiba hanya untuk memanggil orang yang berdiri di pinggir jalan. Sebaliknya, para penumpang yang hendak menggunakan angkot seringkali menyebabkan kemacetan di ruas jalan contohnya apabila terdapat tiga orang calon penumpang yang ingin menggunakan angkot namun kapasitas angkot yang tersedia hanya dua buah. Para calon penumpang tidak mengetahui sisa kapasitas di dalam angkot tersebut, sehingga mereka tetap memberhentikan angkot tersebut. Setelah angkot berhenti para calon penumpang tidak jadi menggunakan angkot tersebut karena kapasitasnya tidak mencukupi. Dengan demikian akan ada banyak angkot yang diberhentikan namun tidak digunakan oleh para calon penumpang.

Penelitian ini akan merancang suatu usulan perbaikan sistem angkutan kota yang diharapkan dapat mengurangi kemacetan di Kota Bogor. Usulan perbaikan sistem tersebut perlu dilakukan verifikasi agar dapat mengetahui seberapa besar dampak usulan yang diberikan terhadap pengurangan tingkat kemacetan yang ada. Proses verifikasi yang digunakan tidak dapat menggunakan sistem nyata sehingga diperlukan adanya simulasi

sistem. Pembuatan simulasi pada penelitian ini akan dilakukan pada salah satu ruas jalan di Kota Bogor yaitu ruas Jalan Lawang Seketeng. Ruas jalan ini dipilih karena merupakan ruas jalan yang paling macet dengan tingkat V/C ratio sebesar 0,8 dan rata-rata kecepatan kendaraan hanya sebesar 13,66 km/jam.



Gambar 1. Kondisi lalu lintas Jalan Lawang Seketeng

Dalam pembuatan simulasi sistem, diperlukan adanya ukuran performansi untuk menunjukkan perubahan yang terjadi terhadap sistem angkutan kota. Ukuran performansi yang dipilih pada penelitian ini adalah rata-rata waktu kendaraan dalam menempuh perjalanan di ruas Jalan Lawang Seketeng. Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi ruas Jalan Lawang Seketeng secara keseluruhan yang mencakup kondisi sistem angkutan Kota Bogor sekarang dan sistem angkutan Kota Bogor setelah diberikan beberapa usulan perbaikan sistem angkutan kota. Pembuatan simulasi sistem menggunakan program PTV Vissim 7 dengan tipe *full version*. Berdasarkan permasalahan yang sudah dijelaskan di atas, terdapat beberapa rumusan masalah yang disusun sebagai berikut.

1. Bagaimana kelemahan sistem angkutan kota Bogor saat ini?
2. Apa usulan yang dapat diberikan untuk memperbaiki sistem angkutan kota Bogor sehingga dapat mengurangi kemacetan?
3. Seberapa besar dampak usulan yang diberikan terhadap pengurangan tingkat kemacetan?

Pembangunan Model Sistem Ruas Jalan Lawang Seketeng

Menurut Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, sampai dengan tahun 2015, jaringan pelayanan angkutan umum dengan panjang lintasan trayek telah mencapai 328.560 Km atau mencakup 52,43 % apabila dibandingkan dengan panjang jalan yang menjadi kewenangan Pemerintah Kota Bogor (626.651 Km). Sistem angkutan yang melayani pergerakan masyarakat Kota Bogor terdiri atas Angkutan Kota, Angkutan Perkotaan (AKDP), Angkutan Massal/ *Bus Transit System* (BTS) Trans Pakuan, dan Kereta Api *Commuter* Jabodetabek serta bus reguler Terminal Baranangsiang. Adapun jaringan pelayanan angkutan umum di dalam wilayah Kota Bogor yaitu:

1. Terdapat 23 trayek Angkutan Kota (AK) dengan jumlah armada 3.412 unit,
2. Terdapat 10 trayek Angkutan (Perkotaan) Antar Kota Dalam Propinsi (AKDP) dengan jumlah armada 4.426 unit,
3. Terdapat 3 koridor Angkutan Massal Trans Pakuan dengan jumlah armada 30 unit.

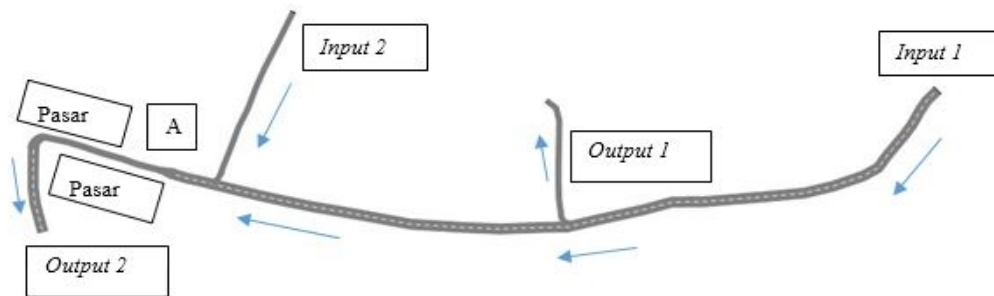
Jalan Lawang Seketeng merupakan salah satu ruas jalan yang berada di wilayah Bogor Tengah. Ruas jalan ini berawal dari persimpangan Padasuka dan berakhir pada persimpangan Bogor Trade Mall (BTM). Jalan Lawang Seketeng merupakan ruas jalan yang terdiri dari dua buah lajur namun hanya memiliki satu arah tujuan sehingga kendaraan tidak dapat melaju dengan bolak balik. Ruas jalan ini memiliki total jarak \pm 730 m dengan kapasitas 2642,1 satuan mobil penumpang perjam (smp/jam).

Menurut pihak DLLAJ Kota Bogor, Jalan Lawang Seketeng merupakan ruas jalan yang memiliki kinerja terburuk dan menjadi skala prioritas penanganan utama. Hal ini disebabkan ruas jalan ini memiliki tingkat VC ratio tertinggi di Kota Bogor yaitu sebesar 0,8 dan memiliki rata-rata kecepatan kendaraan yang paling rendah pula di Kota Bogor yaitu hanya sebesar 13,66 km/jam. Dengan kata lain, ruas jalan ini merupakan jalan yang paling macet di Kota Bogor dan cocok digunakan sebagai objek untuk penelitian ini.

Kemacetan yang terjadi di Jalan Lawang Seketeng disebabkan oleh beberapa hal seperti adanya penyempitan ruas jalan yang tadinya dua buah lajur menjadi satu buah lajur, terdapat pasar tradisional di sebagian ruas jalan ini dan sering dilakukannya bongkar muat barang pada kawasan pasar tersebut. Selain ketiga hal tersebut, banyaknya angkutan kota yang *mengetem* pada ruas jalan ini semakin memperparah kemacetan di ruas jalan ini. Jalan Lawang Seketeng dilalui oleh beberapa jenis angkutan kota seperti angkutan kota dengan kode trayek 04 dan 18, serta angkutan perkotaan (AKDP) dengan kode trayek 03 dan 04A. Dengan adanya penyempitan menjadi satu buah lajur, angkutan kota yang berhenti untuk menunggu penumpang (*mengetem*) menyebabkan kemacetan yang sangat parah.

Jalan Lawang Seketeng memiliki dua buah jalur masuk (*input*) dan dua buah jalur keluar (*output*). Pada penelitian ini, kedua jalur masuk dibedakan menjadi *input* 1 dan *input* 2, sama halnya dengan jalur keluar yaitu

output 1 dan *output 2*. Gambar 2 menunjukkan *layout* dari ruas jalan Lawang Seketeng serta *input* dan *output* yang ada. Titik A pada *layout* merupakan letak penyempitan ruas jalur dari dua buah lajur menjadi satu buah lajur.



Gambar 2. *Layout* ruas Jalan Lawang Seketeng

Pada lokasi *input 1*, kendaraan datang dari arah persimpangan Padasuka. Di kawasan ini jalanan tidak mengalami kemacetan karena lebar jalan yang cukup besar dan terdiri dari dua buah lajur kendaraan. Sekitar 300 meter dari lokasi *input 1* terdapat sebuah persimpangan yang akan mengarah ke Jalan Suryakencana. Persimpangan inilah yang menjadi lokasi *output 1* dalam penelitian. Tidak hanya mobil pribadi, beberapa angkutan kota juga banyak yang mengambil jalur *output 1* ini. Kondisi jalan pada lokasi *output 1* cukup baik namun hanya terdiri dari satu lajur dan satu arah saja.

Persimpangan yang menjadi lokasi *input 2* terletak sekitar 540 meter dari *input 1*. *Input 2* merupakan ruas jalan yang berasal dari Jalan Suryakencana dan hanya terdiri dari satu buah lajur dengan satu arah menuju Jalan Lawang Seketeng. Pada ruas jalan ini terdapat toko-toko kelontong dan sebagainya karena letaknya yang dekat dengan pasar tradisional. Ruas jalan yang terdapat pada lokasi *input 2* ini cukup sempit dengan kondisi jalan yang rusak. Hal ini menyebabkan sering terjadinya kemacetan pada ruas jalan ini. Titik penyempitan ruas jalan yang tadinya dua buah lajur menjadi satu buah lajur terletak di titik A pada *layout*. Titik ini hanya berjarak sekitar 20 meter dari lokasi *input 2*. Dengan adanya penyempitan ruas jalan ini, kondisi lalu lintas seringkali mengalami kemacetan terutama pada pagi dan siang hari.

Pasar tradisional yang ada pada ruas Jalan Lawang Seketeng berada dari titik penyempitan ruas jalan hingga akhir dari lokasi *output 2*. Pasar ini tidak tertata dengan rapih sehingga banyak pedagang yang menjual barang dagangannya hingga di pinggir ruas jalan. Pasar tradisional ini biasa ramai oleh pengunjung sejak pagi hingga siang hari. Ruas Jalan Lawang Seketeng berakhir pada persimpangan Bogor Trade Mall (BTM) yang ditunjukkan sebagai lokasi *output 2* pada *layout*. Pada bagian inilah seringkali angkutan kota *mengetem* dengan waktu yang cukup lama. Meskipun kondisi jalan sudah menjadi dua lajur, namun mobil yang baru saja melewati pasar tetap mengalami kesulitan karena banyaknya angkutan kota yang *mengetem* sejak tikungan keluar.

Pengambilan dan pengolahan data

Proses pengambilan data jumlah dan proporsi kendaraan dilakukan dengan pengamatan secara langsung. Pengamatan dilakukan di pagi hari sekitar pukul 08.00 hingga pukul 12.00 sesuai dengan batasan yang ada. Proses pengamatan dilakukan tiga kali di tiga hari yang berbeda yaitu pada hari Rabu 4 Mei 2016, Kamis 5 Mei 2016, dan Jumat 6 Mei 2016. Selain mendapatkan proporsi kendaraan, pengamatan ini juga dilakukan untuk memvalidasi data yang didapat dari pihak DLLAJ Kota Bogor dalam hal volume kendaraan.

Masing-masing lokasi memiliki data yang berbeda satu dengan lainnya. Data-data tersebut merupakan hasil rekap dari pengambilan data yang sudah dilakukan sebelumnya seperti volume, kecepatan, dan proporsi jumlah. Pada bagian *input 1*, keterangan data yang ada adalah sebagai berikut:

1. Volume kendaraan sebesar 2102 smp/jam
2. Kecepatan minimum kendaraan adalah 17 km/jam
3. Kecepatan maksimum kendaraan adalah 24 km/jam
4. Proporsi jumlah kendaraan tipe angkot adalah 60%
5. Proporsi jumlah kendaraan tipe mobil adalah 30%
6. Proporsi jumlah kendaraan tipe truk adalah 10%

Pada *output 1*, data yang ditampilkan adalah proporsi jumlah kendaraan yang berbelok dan tetap lurus di ruas Jalan Lawang Seketeng. Keterangan data yang ada pada bagian *output 1* adalah sebagai berikut:

1. Proporsi jumlah kendaraan yang berbelok sebesar 30%
2. Proporsi jumlah kendaraan yang lurus sebesar 70%

Pada *input 2*, data yang ditampilkan adalah volume kendaraan yang masuk, kecepatan kendaraan, proporsi jumlah dan warna dari kendaraan yang ada. Keterangan data yang ada pada bagian *input 2* adalah sebagai berikut:

1. Volume kendaraan sebesar 300 smp/jam

2. Kecepatan minimum kendaraan adalah 10 km/jam
3. Kecepatan maksimum kendaraan adalah 20 km/jam
4. Proporsi jumlah kendaraan tipe angkot adalah 30%
5. Proporsi jumlah kendaraan tipe mobil adalah 60%
6. Proporsi jumlah kendaraan tipe truk adalah 10%

Selain pada *input* dan *output*, terdapat beberapa proses yang terjadi di dalam sistem ruas Jalan Lawang Seketeng ini. Proses yang pertama yaitu adanya angkutan kota yang berhenti untuk menaikan ataupun menurunkan penumpang. Proses ini terjadi di sepanjang ruas Jalan Lawang Seketeng. Angkutan kota akan berhenti selama 30 detik dengan probabilitas 50%. Pada saat berhenti ini, kecepatan angkutan kota akan berkurang menjadi 0 km/jam. Data ini didapatkan dari hasil pengamatan secara langsung dan wawancara kepada beberapa supir angkot yang melewati ruas Jalan Lawang Seketeng.

Proses kedua yaitu terjadinya penyempitan ruas jalan yang tadinya dua buah lajur menjadi satu buah lajur. Selain itu, terdapat proses *mengetem* yang dilakukan oleh angkutan kota di kawasan sekitar pasar. Proses *mengetem* ini disimbolkan dengan adanya pengurangan kecepatan angkutan kota menjadi 0 km/jam hingga 5 km/jam. Proses *mengetem* ini dimulai sejak penyempitan ruas jalan hingga akhir lokasi *output 2*. Data proses *mengetem* ini didapat dari pengamatan secara langsung namun tidak dilakukan pencatatan. Perkiraan kecepatan dari 0 hingga 5 km/jam didapat dari hasil wawancara terhadap beberapa supir angkot yang ada.

Constrain atau batasan yang dimiliki oleh model konseptual ini yaitu total jarak Jalan Lawang Seketeng sebesar 730 meter. Pembatasan ini dilakukan agar model sesuai dengan sistem nyatanya saat ini. Jarak dan kapasitas ruas jalan didapat berdasarkan data dari DLLAJ Kota Bogor. Data yang ingin diperoleh melalui model simulasi kelak adalah rata-rata waktu kendaraan dalam menempuh perjalanan di ruas Jalan Lawang Seketeng. Data inilah yang menjadi ukuran performansi dari metode simulasi sistem yang dilakukan.

Pembuatan model simulasi sistem sekarang

Langkah pertama yang harus dilakukan dalam pembuatan model simulasi sistem sekarang adalah membuat *layout* dari sistem Jalan Lawang Seketeng. Pembuatan *layout* ini dimulai dengan mencari latar belakang atau *background* dari model simulasi yaitu Jalan Lawang Seketeng yang didapat melalui Google Maps. Dengan bantuan Google Maps, didapat tampilan Jalan Lawang Seketeng secara keseluruhan baik itu jalanan maupun rumah-rumah di sekitar jalan tersebut.

Pembuatan ruas jalan pada program ini menggunakan obyek *link*. Sesuai dengan model konseptual yang sudah dibuat, ruas jalan dibagi menjadi beberapa macam yaitu *input 1*, *input 2*, *output 1*, *output 2*, dan ruas jalan yang mengalami penyempitan yaitu pada bagian pasar. Kelima ruas jalan ini dibuat secara terpisah karena memiliki karakteristik masing-masing. Dengan bantuan *background* yang sudah dimasukkan, pembuatan jalan dengan obyek *link* hanya mengikuti ruas jalan yang sudah ada. Proses pembuatan ruas jalan *input 1* dimulai dari awal masuk Jalan Lawang Seketeng hingga ke kawasan pasar. Gambar 3 menunjukkan pembuatan ruas jalan pada program.



Gambar 3 Pembuatan ruas jalan pada program

Setelah pembuatan *layout* selesai dilakukan, langkah selanjutnya dalam membuat model simulasi sistem sekarang adalah memasukkan data-data yang dibutuhkan sesuai dengan model konseptual yang sudah dibuat. Data yang dimasukkan adalah data kecepatan, tipe kendaraan, jumlah kendaraan, dan proporsi kendaraan.

Setelah semua data dan proses dimasukkan ke dalam program, maka model simulasi sistem sekarang sudah selesai dan siap digunakan. Untuk menjalankan simulasi dapat menggunakan tombol *play* pada bagian *toolbars*. Pada saat menjalankan simulasi terdapat beberapa tipe tampilan seperti tampilan 2 dimensi, 3 dimensi, dan tampilan *first person* saat berada di dalam mobil.

Proses pengambilan data untuk model simulasi sistem sekarang dimulai dengan mengatur parameter simulasi program terlebih dahulu. Model simulasi akan dijalankan selama 3600 detik dengan tampilan simulasi 10 langkah

per detik. Hal tersebut dikarenakan volume kendaraan yang dimasukkan dalam satuan per jam sehingga simulasi akan dijalankan untuk waktu satu jam pula. Untuk kecepatan dari simulasi dipilih 10 simulasi detik per detik agar didapat tampilan simulasi yang tidak terlalu lambat dan tidak terlalu cepat.

Model simulasi yang dibangun merupakan jenis model *terminating* sehingga diperlukan adanya *warm up period*. *Warm up period* merupakan proses menjalankan simulasi terlebih dahulu hingga didapat bentuk model simulasi yang sesuai dengan sistem nyata saat pengambilan data dilakukan. Kondisi yang terjadi pada saat pengambilan data dilakukan adalah sudah terjadi kemacetan pada bagian pasar hingga melebihi lokasi *input 2*.

Pengambilan data model simulasi sekarang dilakukan secara bertahap dimulai dari pengambilan sampel terlebih dahulu lalu sampel tersebut akan diuji kecukupan untuk mengetahui apakah jumlah sampel tersebut sudah cukup atau belum. Apabila jumlah sampel telah cukup maka data tersebut dapat digunakan untuk proses selanjutnya yaitu proses validasi model. Jumlah sampel yang diambil pertama kali yaitu sebanyak 200 buah.

Tabel 1 Perbandingan Sistem Nyata dengan Simulasi

Hasil Pengamatan Sistem Nyata		Hasil Simulasi	
Jumlah data	88 buah	Jumlah data	200 buah
Waktu Minimum	444 detik	Waktu Minimum	460 detik
Waktu Maksimum	841 detik	Waktu Maksimum	840 detik
Rata-rata Waktu	607,58 detik	Rata-rata Waktu	612,11 detik
Standar Deviasi	96,084	Standar Deviasi	104,70
Variansi	9232,097	Variansi	10961,273

Perancangan Usulan Sistem Perbaikan Angkutan Kota Bogor

Berdasarkan kondisi yang ada saat ini, terdapat beberapa permasalahan mengenai sistem angkutan kota di Kota Bogor. Permasalahan yang akan digunakan dalam perancangan usulan yaitu adanya sistem “kejar setoran” yang dikenakan kepada para supir angkutan kota sehingga mengakibatkan perilaku negatif dari para supir angkutan. Permasalahan lainnya yang dipilih adalah ketidaktahuan calon penumpang akan sisa tempat duduk yang tersedia di dalam angkutan kota. Dengan kedua permasalahan tersebut, dirancangkan usulan untuk merubah sistem “kejar setoran” dan penggunaan sistem BUSA (Buitenzorg Smart Angkot).

Perubahan sistem “kejar setoran”

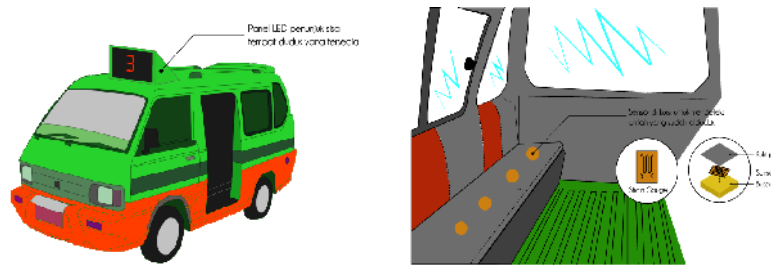
Usulan pertama yang diajukan adalah merubah sistem “kejar setoran” menjadi sistem gaji untuk para supir angkutan. Dengan adanya penghilangan target setoran yang harus dibayarkan, perilaku negatif yang dilakukan oleh para supir angkutan juga dapat berkurang. Saat ini banyak angkutan kota yang *mengetem* di persimpangan jalan untuk menunggu penumpang. Hal ini disebabkan adanya tuntutan para supir angkutan untuk memenuhi target setoran yang ada. Apabila sistem target setoran ini dihilangkan, maka para supir angkot diharapkan tidak perlu melakukan *mengetem* di ruas-ruas jalan. Dengan mengganti sistem kejar setoran tersebut menjadi sistem gaji maka para supir akan diberikan arahan agar mereka tidak perlu *mengetem*. Para supir akan diwajibkan menjalankan kendaraannya dengan lancar tanpa perlu memikirkan setoran yang harus mereka bayarkan. Penghilangan kegiatan *mengetem* ini akan menyebabkan berkurangnya kemacetan di Kota Bogor.

Berdasarkan data DLLAJ tahun 2015, rata-rata setoran yang harus dibayarkan oleh para supir angkutan kota Bogor adalah Rp 93.000 setiap harinya, sedangkan rata-rata pendapatan yang didapat oleh para supir angkutan tersebut hanya sebesar Rp 166.000 setiap harinya. Dengan demikian jumlah uang yang diterima oleh para supir angkutan setiap harinya hanya sebesar Rp 73.000. Apabila para supir angkutan bekerja selama 30 hari dalam satu bulan maka pendapatan yang didapat oleh para supir angkutan setiap bulannya sebesar Rp 2.190.000. Pendapatan para supir angkutan ini masih berada di bawah Upah Minimum Regional Kota Bogor yaitu sebesar Rp 3.022.756. Oleh sebab itu perubahan sistem setoran ini selain dapat mengurangi kemacetan di Kota Bogor dapat pula meningkatkan kesejahteraan para supir angkutan.

Penggunaan sistem BUSA (Buitenzorg Smart Angkot)

Usulan yang kedua adalah penggunaan sistem BUSA atau Buitenzorg Smart Angkot. Sistem BUSA merupakan suatu sistem angkutan terbaru yang menggabungkan angkot tradisional dengan teknologi masa kini seperti sensor, *seven segment*, mikrokontroler, dan juga *Global Positioning System* (GPS). Penggunaan sistem BUSA ini diharapkan dapat mengurangi permasalahan kapasitas angkot dan mempermudah pengawasan oleh para pemilik angkot.

Pada sistem BUSA akan dipasang sebuah panel LED yang bertujuan untuk menunjukkan sisa tempat duduk yang tersedia. Panel ini akan diletakkan pada bagian atas angkot dengan menggunakan sistem *seven segment*. Dengan adanya panel ini, para calon penumpang dapat mengetahui sisa kapasitas yang tersedia sehingga mereka tidak perlu memberhentikan angkot yang kapasitasnya tidak mencukupi. Gambar 4 (kiri) menunjukkan tampilan angkot setelah dipasang panel LED.



Gambar 4 Tampilan angkot sistem BUSA

Untuk perhitungan sisa tempat duduk yang tersedia, sistem BUSA menggunakan sensor yang diletakkan pada kursi penumpang. Sensor ini dapat mendeteksi ada atau tidak penumpang yang duduk pada kursi tersebut lalu akan dihitung jumlah tempat duduk yang masih kosong. Sensor yang digunakan berupa *strain gauge* yang diletakkan diantara kulit jok dan busa jok. Input dari sensor tersebut akan diproses oleh mikrokontroler dan hasilnya ditampilkan pada *seven segment* yang terdapat pada panel LED. Proses pemasangan sensor ini dapat dilihat pada Gambar 4 (kanan).

Selain pemasangan panel LED dan sensor, sistem BUSA juga menggunakan *Global Positioning System* (GPS) untuk mengetahui letak setiap angkot yang sudah menerapkan sistem ini. Penggunaan GPS ini akan membantu para pemilik angkot dalam mengawasi kinerja para supirnya apakah masih melakukan *ngetem* atau tidak. Pemilik angkot dapat memantau semua kegiatan dan pergerakan dari angkot yang mereka miliki dan apabila terdapat angkot yang *mengetem* atau berkendara keluar dari trayeknya maka hal tersebut dapat dilihat melalui tablet atau komputer dari pemilik angkot.

Sistem BUSA juga dapat membantu pengguna angkot dengan menggunakan aplikasi *smartphone* BUSA untuk mengetahui letak semua angkot di Kota Bogor dan estimasi waktu untuk mencapai suatu tempat bila menggunakan angkot. Gambar 5 menunjukkan aplikasi *smartphone* yang diterapkan pada angkot BUSA. Pada gambar tersebut terdapat pengguna angkot yang berasal dari titik A ingin menuju titik B dengan menggunakan angkot trayek tertentu. Pada aplikasi tersebut akan ditampilkan letak angkot yang paling dekat dan estimasi waktu pengguna angkot tersebut tiba di tempat tujuan.



Gambar 5 Sistem GPS pada Angkot BUSA

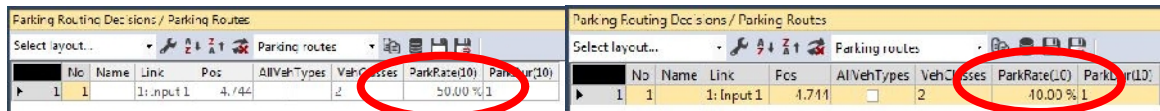
Sistem BUSA juga memiliki keuntungan bagi para pemilik angkot, salah satunya untuk mengetahui jumlah penumpang yang diangkut setiap harinya. Selain menghitung sisa kursi penumpang, mikrokontroler yang digunakan juga dapat merekap total penumpang yang ada. Dengan demikian para pemilik angkot dapat mengetahui seberapa besar pendapatan yang diperoleh para supir angkot di hari tersebut. Jumlah pendapatan tersebut dapat dijadikan sebagai acuan untuk menentukan gaji dari para supir angkot serta menghindari adanya kecurangan yang dilakukan para supir angkot.

Pembuatan model simulasi sistem usulan dilakukan dengan merubah beberapa obyek yang ada pada model simulasi sistem sekarang. Langkah pertama yang dilakukan adalah menghilangkan daerah *mengetem* yang dilakukan oleh angkot. Daerah *mengetem* pada model simulasi dilambangkan dengan persegi panjang berwarna kuning. Gambar 6 menunjukkan perbedaan yang terjadi pada daerah *mengetem* di model simulasi sekarang dengan model simulasi usulan.



Gambar 6 Perbedaan daerah *mengetem* pada model simulasi

Selain daerah *mengetem*, perubahan model simulasi juga terjadi pada proporsi angkot untuk berhenti. Berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa supir angkot, terdapat kurang lebih 10% calon penumpang yang tidak jadi menggunakan angkot karena kurangnya kapasitas. Menurut para supir angkot apabila terdapat 10 calon penumpang pada suatu ruas jalan, terdapat 1 calon yang tidak jadi menggunakan angkot karena kurangnya kapasitas ini. Hal ini dapat diatasi dengan adanya perhitungan sisa tempat duduk yang terdapat pada sistem BUSA. Gambar 7 menunjukkan perbedaan proporsi angkot untuk berhenti pada model simulasi.



Gambar 7 Perbedaan proporsi angkot berhenti pada model simulasi

Setelah didapat data hasil model simulasi sistem usulan, langkah selanjutnya adalah membandingkan data hasil model simulasi sistem sekarang dengan data hasil model simulasi sistem usulan. Tabel 3 menunjukkan perbandingan data-data model simulasi sistem sekarang dengan usulan.

Tabel 3 Perbandingan model simulasi sistem sekarang dengan sistem usulan

Parameter	Simulasi Sistem Sekarang	Simulasi Sistem Usulan
Jumlah data	200 buah	200 buah
Waktu Minimum	460 detik	180 detik
Waktu Maksimum	840 detik	300 detik
Rata-rata Waktu	612,11 detik	245,49 detik
Standar Deviasi	104,70	34,97

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang sudah dilakukan pada penelitian ini, ditariklah kesimpulan yaitu:

1. Kelemahan sistem angkutan kota Bogor saat ini yaitu adanya penggunaan sistem “kejar setoran” yang menyebabkan perilaku negatif dari para supir angkot seperti *mengetem*. Hal inilah yang menjadi penyebab utama kemacetan di Kota Bogor.
2. Usulan yang diberikan untuk mengurangi kemacetan di Kota Bogor yaitu adanya perubahan sistem “kejar setoran” menjadi sistem gaji, dan penggunaan sistem BUSA atau Buitenzorg Smart Angkot yang dapat membantu para calon penumpang untuk mengetahui sisa kapasitas kursi di dalam sebuah angkot serta dapat membantu para pemilik angkot untuk mengawasi kinerja supir angkot sehari-hari.
3. Melalui metode simulasi sistem pada ruas Jalan Lawang Seketeng, usulan perbaikan sistem angkutan kota tersebut dapat mengurangi rata-rata waktu kendaraan dalam menempuh perjalanan di ruas jalan tersebut dari 612 detik menjadi 245 detik.

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Proses simulasi dilakukan pada ruas jalan yang berbeda sehingga dapat diketahui dampak usulan di tempat lain.
2. Usulan yang diberikan dapat diterapkan secara langsung sehingga hasil yang didapat akan lebih akurat.
3. Adanya pemberian faktor lain dalam pembuatan simulasi seperti kendaraan roda dua ataupun orang yang menyebrang jalan.

Daftar Pustaka

Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Kota Bogor, (1996), “Survei Penumpang 1996”, Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, Bogor.

Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Kota Bogor, (2006), “Ekspose Pembenahan Transportasi Kota Bogor”, Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, Bogor.

Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Kota Bogor, (2010), “Laporan Tahunan DLLAJ Kota Bogor 2010”, Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, Bogor.

Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Kota Bogor, (2015), “Evaluasi Kinerja Jaringan Jalan dan Simpang di Wilayah Kota Bogor Tahun 2015”, Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, Bogor.

Law, A.M. dan W.D. Kelton, (1991), “*Simulation Modeling and Analysis*. 2nd ed.”, New York: McGraw-Hill Inc.

PTV VISION, (2014), “*PTV VISSIM 7 User Manual*”, Karlsruhe, Germany: PTV AG.