

## PENGGUNAAN SIMULASI UNTUK PEMECAHAN MASALAH TRANSPORTASI

Maulida Boru Butar Butar<sup>1)</sup>  
Mohamad Yamin<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup>Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma  
Jl. Margonda Raya No.100, Depok 16424  
e-mail : [mohay@staff.gunadarma.ac.id](mailto:mohay@staff.gunadarma.ac.id)

### ABSTRAK

*Secara umum sebagian besar masalah transportasi darat yang sering terjadi adalah, kemacetan lalu lintas, trayek-trayek yang tumpang tindih, volume pelayanan tidak sesuai dengan jumlah penumpang serta efisiensi yang rendah. Dengan melakukan simulasi melalui komputer untuk masalah transportasi tersebut, yakni dengan parameter jumlah antrian, menentukan waktu keberangkatan bus (headway) pada shelter keberangkatan, dapat ditentukan jumlah armada bus yang optimal untuk suatu trayek tertentu, dapat ditentukan penjadwalan bus dan sebagainya. Makalah ini mendeskripsikan usaha penentuan jumlah bus yang optimal pada perencanaan busway kota Yogyakarta. Pada model awal yaitu sistem dengan jadwal keberangkatan bus pada menit ke-0, ke-5, ke-10, ke-25 dan seterusnya, diperlukan 18 bus yang memiliki kapasitas penumpang perhari 15.352. Model alternatif 1 dengan jadwal keberangkatan bus setiap 5 menit berkapasitas 21.812 penumpang per hari. Pada model alternatif 2 dengan jadwal keberangkatan bus pada menit ke-0, ke-5, ke-10, ke-18 dan seterusnya, kapasitas penumpang perhari 20.140. Sedangkan pada model alternatif 3 dengan jadwal keberangkatan bus setiap 3 menit, kapasitas penumpang perhari mencapai 31.996.*

**Kata kunci :** *jadwal keberangkatan awal bus, jumlah penumpang potensial.*

### 1. PENDAHULUAN

Transportasi diartikan sebagai pemindahan barang dan manusia dari tempat asal ke tempat tujuan. Dalam hubungan ini dapat terlihat tiga hal berikut: ada muatan yang diangkut; tersedia kendaraan sebagai alat angkutnya dan terdapat jalan yang dapat dilalui. Proses pemindahan (transportasi) merupakan gerakan dari tempat asal, dimana kegiatan pengangkutan dimulai, ke tempat tujuan, dimana kegiatan diakhiri. Transportasi berfungsi sebagai sektor penunjang ekonomi (*the promoting sector*) dan pemberi jasa (*the servicing*

*sector*) bagi perkembangan ekonomi (Nasution H.M.N, 1996). Fasilitas transportasi harus dibangun mendahului proyek-proyek pembangunan.

Pentingnya peranan transportasi mengharuskan adanya sistem transportasi yang handal, efisien dan efektif. Transportasi yang efektif dalam arti kapasitas mencukupi, terpadu, tertib dan teratur, lancar, cepat dan tepat, selamat, aman, nyaman dan biaya terjangkau. Sedangkan efisien dalam arti beban publik rendah dan utilitas tinggi.

Dalam makalah ini akan dibahas tentang deskripsi singkat sistem transportasi, permasalahan-permasalahan

yang muncul, hal-hal yang dapat dilakukan dengan simulasi, dan contoh kasus penentuan jumlah optimal bus pada perencanaan busway kota Yogyakarta.

## 2. DESKRIPSI SISTEM TRANSPORTASI

Terdapat dua sistem yang digunakan dalam transportasi: (1) *multiple pick up and drop-off points* dan (2) *single pickup and drop-off points*. Pada *multiple pick up and drop-off points* para *customers* naik dan turun di banyak tempat, contohnya bus umum. Sedangkan *single pickup and drop-off points* para *customers* naik di suatu tempat dan turun di tujuan secara bersamaan contohnya bus pariwisata (Harrell *et al.*, 2000).

Pelaksanaan transportasi darat untuk angkutan penumpang di Indonesia mempunyai banyak masalah. Secara umum sebagian masalah tersebut adalah (Nasution H.M.N, 1996) :

1. Kemacetan lalu lintas
2. Trayek-trayek yang tumpang tindih
3. Tidak sesuainya jumlah bus pada suatu trayek
4. Volume pelayanan (dimensi bus tidak sesuai, panjang trayek)
5. Jumlah penumpang yang berubah
6. Efisiensi yang rendah

Dengan perkembangan TIK yang signifikan masalah transportasi dapat disimulasikan dengan berbantuan komputer sebelum perencanaan diimplementasikan. Pemilihan metoda simulasi dilandasi suatu kenyataan bahwa sistem transportasi memiliki kriteria tertentu yaitu memiliki ketidakpastian baik berkaitan dengan jumlah penumpang maupun waktu tempuh. Dengan simulasi, permasalahan-permasalahan transportasi yang dapat dipecahkan pada umumnya berkaitan dengan upaya untuk:

1. Meminimalkan jumlah antrian

2. Menentukan durasi *traffic light*
3. Menentukan waktu keberangkatan dan kedatangan bus pada *shelter*
4. Menentukan jumlah optimal bus untuk suatu trayek
5. Menentukan trayek optimum
6. Menentukan penjadwalan bus

## 3. STUDI KASUS : PENENTUAN JUMLAH BUS PADA PERENCANAAN BUSWAY KOTA YOGYAKARTA

*Busway* merupakan salah satu cara kota Yogyakarta menjawab keinginan masyarakat akan transportasi umum yang nyaman dan tepat waktu. Penentuan jumlah bus yang akan digunakan penting adanya, agar penumpang dapat terangkut dan tidak terjadi kelebihan bus, dengan demikian bus dapat digunakan se-optimal mungkin. Selain itu dilakukan perhitungan dari segi keuangan. Analisa keuangan dilakukan agar penentuan jumlah bus lebih tepat. Prioritas pertama penentuan bus ini adalah keterangkutan penumpang, selanjutnya dilihat dari segi keuangan barulah ditentukan jumlah bus yang dibutuhkan. Sehingga diharapkan dapat ditentukan jumlah bus yang optimal dalam perencanaan *busway* kota Yogyakarta.

## 4. METODOLOGI PENELITIAN

Studi simulasi ini merupakan proyek dan sebagai suatu proyek, terdapat kegiatan-kegiatan dan tahapannya. Tahapan membangun model simulasi secara garis besar meliputi :

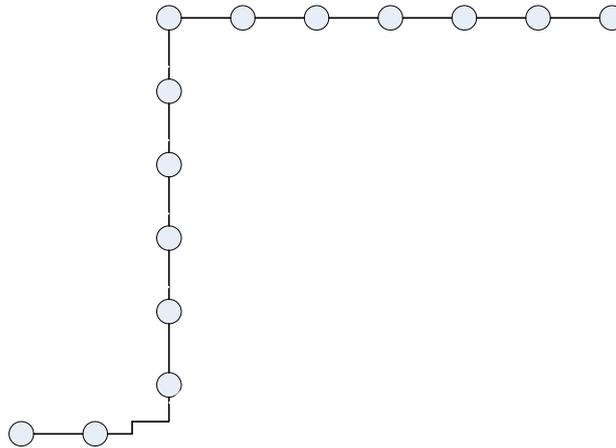
1. Identifikasi masalah
2. Penentuan tujuan
3. Pengumpulan data
4. Membangun model
5. Verifikasi dan validasi
6. Eksperimen simulasi
7. Interpretasi output

### 8. Dokumentasi dan laporan

Tujuan dari perancangan ini adalah membuat suatu model simulasi yang dapat mewakili sistem nyata. Kemudian dari model tersebut diharapkan dapat dilakukan analisis terhadap sistem beroperasinya *busway* sehingga dapat ditentukan jumlah armada bus yang harus disediakan agar sistem dapat beroperasi secara optimal. Salah satu tahap sebelum pembuatan model simulasi adalah melakukan pengumpulan data dan informasi. Untuk membangun model simulasi tersebut diperlukan data sebagai berikut :

1. Data lokasi *shelter busway*
2. Data waktu tempuh antar *shelter*
3. Data waktu singgah di *shelter* antara
4. Data waktu singgah di *shelter* keberangkatan
5. Data penumpang potensial
6. Peta rute *busway*

*Busway* ini nantinya akan beroperasi dari pukul 05.00 WIB hingga 22.00 WIB. Melewati jalur yang telah ditentukan mulai *shelter* IAIN sampai *shelter* Ngabean.



Gambar 1. Rute Busway Kota Yogyakarta

Pada tahap merancang model terdapat beberapa kendala, dikarenakan sistem ini belum beroperasi. Untuk memperoleh data waktu tempuh antar *shelter* diperoleh dengan cara *survey* dengan bus percobaan dan mobil pribadi. Data waktu tempuh antar *shelter* yang dikumpulkan telah memperhitungkan lama bus tersebut terjebak dalam lampu merah atau perempatan jalan yang ada, hal ini disebabkan kemungkinan bus tersebut terjebak pada lampu merah sangat acak, dan tidak dapat diprediksi dengan jelas

dan tepat apakah bus terjebak lampu merah atau tidak. Sedangkan untuk data waktu singgah di *shelter* antara mengambil data dari sistem *busway* di Jakarta. Pada *busway* kota Yogyakarta terdapat keistimewaan yaitu bus direncanakan berangkat pada menit ke-0, ke-5, ke-10, ke-25, dan seterusnya. Bus yang telah beroperasi dari *shelter* IAIN ke *shelter* Ngabean akan menunggu selama 10 menit sebelum kembali menuju *shelter* IAIN, begitu pula sebaliknya.

Sesuai dengan teori dasar simulasi, proses verifikasi dan validasi merupakan

tahapan yang penting. Pada tahap ini, uji-uji statistik seperti *Inspection Approach* atau *Confidence Interval Approach* juga harus dilakukan.

Kendala lain adalah pembuatan peta rute *busway*, yang sangat terbatas dengan ruang yang ada pada layar, dan animasi menjadi sangat kecil untuk diamati dan susah diamati secara keseluruhan. Untuk itu, tampilan rute *busway* ini dirancang sedemikian rupa sehingga lebih mudah dalam mempelajarinya. Dalam tampilan tidak diperlihatkan adanya perempatan jalan atau lampu merah yang dilewati oleh bus. Hasil dari rancangan tampilan model simulasi dapat dilihat pada gambar 2.

Sedangkan analisa keuangan meliputi seluruh bagian yang berhubungan dengan pembiayaan dari pendirian perusahaan (investasi), operasional (perkiraan biaya produksi) hingga distribusi produksi (penjualan dan keuntungan). Beberapa hal yang diperhitungkan dari aspek keuangan (Sutojo, 2000) yaitu:

1. Anggaran Investasi (modal tetap dan modal kerja)
2. Struktur pembiayaan
3. Perkiraan biaya produksi
4. Kemampuan menghasilkan keuntungan (analisa profitabilitas)
5. Analisis Break Event Point.



Gambar 2. Rancangan Tampilan Model Simulasi

## 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui batas minimum kapasitas bus dalam mengangkut penumpang setiap harinya, maka diperlukan perkiraan jumlah penumpang *busway* kota Yogyakarta, dari hasil perhitungan diperoleh perkiraan penumpang potensial *busway* Yogyakarta sebanyak 17.357 orang per hari.

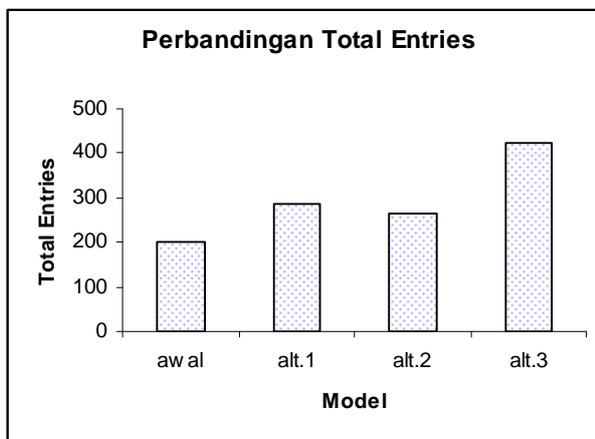
### Model Simulasi Tahap Awal

Pada model awal diperoleh hasil bahwa penumpang yang dapat diangkut setiap harinya oleh sistem ini sebanyak 15.352 orang. Jumlah ini kurang dari batas minimum kapasitas bus. Jumlah bus yang dibutuhkan sebanyak 18 buah bus.

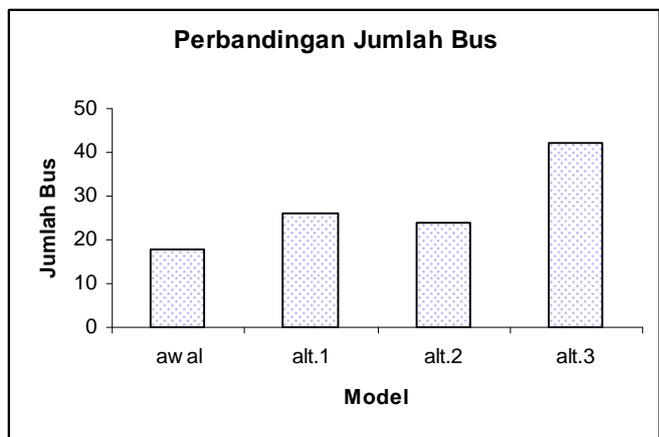
### Model Simulasi Alternatif

Terdapat tiga model alternatif, yang mempunyai perbedaan pada jadwal keberangkatan awal bus. Pada model alternatif 1 jadwal keberangkatan bus setiap 5 menit; sedangkan model alternatif 2 merubah jadwal keberangkatan menjadi menit ke 0, 5, 10,18 dan seterusnya; dan pada model alternatif 3 jadwal keberangkatan bus di ubah menjadi setiap 3 menit.

Pada model alternatif 1 kapasitas minimum *busway* mengangkut penumpang sebesar 21.812 orang per hari, dengan bus sebanyak 26 bus. Model alternatif 2 dapat mengangkut 20.140 orang penumpang setiap harinya, dan jumlah bus yang dibutuhkan sebanyak 24 unit. Sedangkan pada model alternatif 3 jumlah bus yang dibutuhkan bertambah hingga 42 bus, dengan kapasitas keterangkutan penumpang mencapai 31.996 orang per hari.



Gambar 3. Perbandingan Total Entries



Gambar 4. Perbandingan Jumlah Bus

### Hasil Analisa Keuangan

Pada analisa keuangan jumlah bus yang diperlukan merupakan jumlah bus berdasarkan hasil simulasi ditambah

dengan bus cadangan. Dari analisa keuangan terhadap model awal dan model alternatif diperoleh hasil:

Tabel 1. Hasil Evaluasi Analisa Keuangan

Model	Jumlah Bus + Bus Cadangan	Net Present Value	Internal Rate of Return	Payback Period	Profitabiliy Index	Kapasitas Penumpang Per hari
Awal	18 + 2 = 20	- 12,977	18,22%	5,33 Tahun	0,68	15.352
Alternatif 1	26 + 3 = 29	- 26,026	13,60 %	7,10 Tahun	0,51	21.812
Alternatif 2	24 + 2 = 26	- 19.327	16,56%	7,23 Tahun	0,61	20.140
Alternatif 3	42 + 4 = 46	- 64, 066	- 2,01 %	14,39 Thn	0,18	31.996

**6. KESIMPULAN**

1. Model awal yaitu sistem dengan jadwal keberangkatan bus pada menit ke-0, ke-5, ke-10, ke-25 dan seterusnya. Model alternatif 1 dengan jadwal keberangkatan bus setiap 5 menit, pada alternatif 2 jadwal keberangkatan bus pada

menit ke-0, ke-5, ke-10, ke-18 dan seterusnya, serta alternatif 3 dengan jadwal keberangkatan bus setiap 3 menit

2. Hubungan antara jadwal keberangkatan, jumlah bus dan keterangkutan penumpang dapat dilihat pada tabel di bawah ini;

Parameter	Model Awal	Model Alternatif 1	Model Alternatif 2	Model Alternatif 3
Total Entries	201,7	286,7	265,1	400,8
Jumlah Bus	18	26	24	42
Kapasitas Penumpang per hari	15.352	21.812	20.140	31.996

3. Hasil analisa keuangan dapat dilihat pada tabel di bawah ini;

Model	Net Present Value	Internal Rate of Return	Payback Period	Profitabiliy Index
Awal	- 12,977	18,22 %	5,33 Tahun	0,68
Alternatif 1	- 26,026	13,60 %	7,10 Tahun	0,51
Alternatif 2	- 19.327	16,56%	7,23 Tahun	0,61
Alternatif 3	- 64, 066	- 2,01 %	14,39 Thn	0,18

4. Dari kapasitas penumpang per hari dan analisa keuangan maka ditentukan jumlah bus yang dibutuhkan sistem busway kota Yogyakarta sebanyak 24 unit. Dengan jadwal keberangkatan pada menit ke-0, ke-5, ke-10, ke-18 dan seterusnya.

*Simulation*, Prentice Hall International Inc.

Butar Butar, M., 2006, *Penentuan Jumlah Bus Pada Perencanaan Busway Kota Yogyakarta*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin dan Industri UGM.

Dajan, A., 1976, *Pengantar Metode Statistik, Jilid II*, Cetakan 11, LP3ES, Jakarta

Kanawaty George, 1992, *Introduction to Work Study*, Fourth Edition, International Labour Office Geneva.

Harrel, C.R, Mott, R.A., Bateman, RE., Bowden, G., Gogg, J., 1997, *System Improvement Using Simulation*, Fifth edition, Promodel Corporation.

Herjanto, E., 1999, *Manajemen Produksi dan Operasi*, Edisi Kedua, Grasindo, Jakarta.

**7. DAFTAR PUSTAKA**

Aries R.S and Newton R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, Toronto, London.

Banks, J., Carson II, J.S., and Nelson, B.L., 1996, *Discrete-Event System*

- Husnan, S. dan Suwarsono, M., 1994, *Studi Kelayakan Proyek*, Edisi keempat, UPP AMP YKPN, Yogyakarta.
- Kuncoro H.J., 2004, *Analisa Antrean Bus di Shelter Stasiun Kota dan Blok M Pada Sistem MRT Busway Menggunakan Metode Simulasi dengan Software Promodel*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin dan Industri UGM.
- Law, A.M., and Kelton, W.D., 1991, *Simulation Modelling and Analysis*, 2<sup>nd</sup> ed., McGraw-Hill, New York.
- Nasution H.M.N., 1996, *Manajemen Transportasi*, Penerbit Ghalia Indonesia.
- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D., 1991, *Plant Design And Economics For Chemical Engineers, Fourth Edition*, McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, ST Louis, San Fransisco.
- ProModel Corporation, 1997, *ProModel User's Guide Version 3.0*.
- ProModel Corporation, 1998, *Stat::Fit User's Guide*.
- Pustral, 2004, *Pola Studi Jaringan Transportasi Jalan Kota Yogyakarta*, Yogyakarta
- Sudjana, 1996, *Metode Statistika*, Edisi Ke-enam, Tarsito, Bandung.
- Suratman, 2000, *Studi Kelayakan Proyek*, J & J Learning, Yogyakarta.
- Suryani, D., 2005, *Prospek Ekonomi 2005 – 2006*, *Economic Review Journal No.200*.
- Susanto Ari dan Koestanto, D.B., 2005, *Yogyakarta dan Ruwetnya Transportasi*, Kompas.
- Sutojo, S., 2000, *Studi Kelayakan Proyek (Konsep, Teknik dan Kasus)*, Seri Manajemen Bank No.66, Edisi Baru, Damar Mulia Pustaka, Jakarta.
- Walpole, R.E., 1995, *Pengantar Statistika*, Edisi ke-3, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Zuhdi, A., 2002, *Diktat Kuliah Perancangan Simulasi Sistem*, Laboratorium Desain dan Simulasi, Teknik Industri UGM, Yogyakarta.
- Zuhdi, A., 2003, *Modul Pelatihan Simulasi : Arena & Promodel*, Laboratorium Desain dan Simulasi, Teknik Industri UGM, Yogyakarta.
- [www.bi.go.id](http://www.bi.go.id)
- [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id)
- [www.pemda-diy.go.id](http://www.pemda-diy.go.id)
- <http://transjakarta-busway.dki.go.id/>