

# Pengembangan Model Simulasi Komputer Sistem Angkutan Penyeberangan Laut

Rima Tri Wahyuningrum

Program Studi Teknik Informatika Universitas Trunojoyo Madura

E-mail: rima\_tw@yahoo.co.id

## Abstrak

Lama waktu entitas dalam sistem antrian ditentukan oleh waktu pelayanan dan waktu tunggu dalam angkutan penyeberangan merupakan waktu nonproduktif yang melibatkan kepentingan perusahaan angkutan penyeberangan dan kepentingan penumpang, karena waktu tunggu yang terlalu panjang akan mengurangi produktivitas bagi alat angkut maupun produktivitas kerja bagi penyeberang. Pada makalah ini digunakan pendekatan simulasi komputer untuk memodelkan sistem angkutan penyeberangan Kamal - Ujung Surabaya. Berdasarkan kriteria performansi minimasi lama entitas dalam sistem, pada model simulasi ini alternatif tindakan yang diusulkan adalah pengurangan batas kapasitas pick up resource. Hasil yang diperoleh dengan membandingkan model as is dan model to be memberikan perbedaan yang signifikan terhadap pengurangan rata-rata waktu entitas dalam sistem.

**Kata kunci:** sistem antrian, model, simulasi komputer, angkutan penyeberangan.

## Abstract

*Length time of entity in queuing system of transportation is determined by service time and waiting time within system is non-productive time, that are involving shipping company and customer/defector need. Because long waiting times will reduce the productivity of transport vehicle and productivity for the defector. This paper discusses the development of computer simulation approach to modeling the transportation system for crossing Kamal - Ujung Surabaya. Based on the criteria of minimizing time entities in the system, this simulation model of the proposed action alternative is a reduction in resource capacity limit pickup. Results obtained by comparing the model as is and model to be providing a significant difference to reduce mean time entities in the system.*

**Keywords:** queuing system, model, computer simulation, crossing transportation.

---

## Pendahuluan

Salah satu akses dari Surabaya ke Pulau Madura dan sebaliknya saat ini adalah menggunakan penyeberangan kapal feri Perak-Kamal. Jumlah armada kapal feri yang digunakan setelah Jembatan Suramadu beroperasi pada tahun 2009 ada 6 kapal feri yang rata-rata usianya juga sudah uzur dan sebelum Jembatan Suramadu beroperasi sebanyak 18 buah. Sebelum Jembatan Suramadu beroperasi feri-feri tersebut dikelola enam perusahaan, melalui tiga dermaga di masing-masing pelabuhan. Dengan jumlah feri dan penyeberang yang tak berimbang, menyebabkan waktu tunggu yang panjang. Berdasarkan survei yang dilakukan pada tahun 2008 volume lalu lintas feri per arah per hari adalah 315 buah kendaraan ringan, 1036 buah truk kecil, 324 buah truk besar, 260 buah bus dan 8128 buah sepeda motor. Kapasitas feri yang tersedia tersebut sudah jenuh yang diindikasikan dengan waktu tunggu rata-rata kendaraan yang terjadi di pelabuhan Ujung

maupun Kamal adalah 30 menit. Kecuali untuk jenis sepeda motor yang lebih leluasa menembus antrian. Sedangkan waktu yang digunakan untuk menaikkan penumpang dari pelabuhan ke atas feri selama 15 menit. Waktu tempuh yang diperlukan untuk penyeberangan 30 menit, dan waktu untuk menurunkan penumpang 15 menit. Total waktu dibutuhkan sekitar 60 menit atau satu jam. Waktu ini akan semakin panjang ketika akhir pekan atau musim liburan. Menjelang Lebaran dan Hari Besar Islam malah sering tak terkendali. Budaya "toron" (pulang kampung) bagi masyarakat Madura seakan menu wajib bagi mereka. Akibatnya, peningkatan mobilitas manusia dan barang tak dapat terhindarkan. Di lain segi kapasitas feri tidak bisa ditambah karena dapat mengganggu alur pelayaran yang ada [1].

Waktu tunggu dalam angkutan penyeberangan merupakan waktu nonproduktif yang melibatkan kepentingan perusahaan angkutan penyeberangan dan kepentingan customer/penyeberang, karena



waktu tunggu yang terlalu panjang akan mengurangi produktivitas bagi alat angkut maupun produktivitas kerja bagi penyeberang. Sehingga permasalahan waktu tunggu pada kasus sistem antrian angkutan penyeberangan dermaga Ujung Surabaya – Kamal Bangkalan Madura perlu dicari alternatif-alternatif tindakan strategi penyelesaiannya untuk mengurangi lama waktu tunggu. Menurut May dalam Utomo [2] terdapat dua metode untuk mengalisis permasalahan pada sistem antrian yaitu metode *shock waves* dan metode antrian. Metode antrian masih dibedakan pada keadaan deterministik dan stokastik. Dua keadaan ini berpengaruh besar terhadap tingkat kemudahan analisis sistem antrian. Pada keadaan deterministik analisis untuk mencari solusinya cenderung relatif lebih mudah dibandingkan keadaan stokastik. Tetapi seiring dengan perkembangan teknologi pemrograman komputer, sistem antrian dengan keadaan stokastik bisa disimulasikan dengan bantuan komputer. Sehingga analisis untuk mencari solusi bisa didapatkan dengan lebih mudah. Sebagai tahap awal simulasi komputer, pemodelan sistem merupakan tahap yang sangat kritis, sebab berhasil tidaknya simulasi komputer hampir sepenuhnya ditentukan pada berhasil tidaknya dalam memodelkan sistem nyata [3].

Utomo [2] telah mengembangkan model optimasi untuk pengoperasian pintu tol dengan tujuan mencari tingkat hubungan tingkat kedatangan kendaraan dengan jumlah kendaraan menunggu rata-rata dan mencari hubungan antara tingkat kedatangan kendaraan dengan waktu menunggu rata-rata. Pada model sistem antrian sederhana pintu tol yang dikembangkan secara dinamis oleh Sediono dan Handoko [4] dengan bantuan simulasi komputer yang bertujuan untuk mengoptimalkan pengopersaian gerbang tol telah memberikan hasil bahwa startegi "buka-tutup" gerbang tol cukup efektif dalam mengantisipasi perubahan laju kedatangan kendaraan yang sementara itu Hogan dan Wojcik [5] mengembangkan model simulasi komputer untuk lalu lintas udara dengan kondisi operasional yang kompleks. Syafe'i [6] membangun model simulasi dinamis pada permasalahan pengaruh perilaku pengguna *busway* terhadap kemacetan lalu lintas jalan raya dan dampaknya terhadap modal transportasi. Model yang dikembangkan dalam penelitian-penelitian tersebut hanya secara spesifik menjadikan entitas

angkutan kendaraan darat dan udara saja. Pada makalah ini dikembangkan model simulasi diskrit angkutan penyeberangan laut di mana ukuran kinerja dinyatakan dalam rata-rata lama entitas dalam sistem antrian. Model simulasi ini dikembangkan dengan menggunakan data tahun 2008 di mana Jembatan Suramadu belum beroperasi, sehingga hasil simulasi ini merupakan deskripsi sistem antrian penyeberangan dengan kondisi belum ada Jembatan Suramadu.

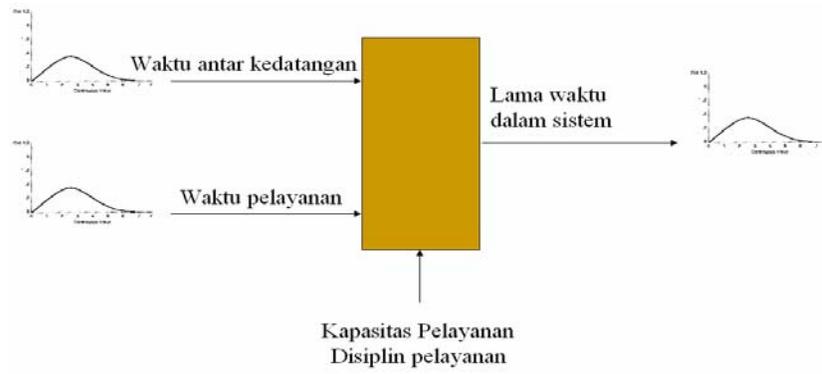
## Metode Penelitian

McDermott dalam Tunas [7] mendefinikan sistem sebagai entitas yang mempertahankan eksistensi dan fungsinya secara keseluruhan melalui intraksi antarbagian-bagiannya. Perilaku dari suatu sistem berbeda dengan sistem yang lainnya, tergantung dari bagaimana hubungan antara bagian-bagiannya, bukan dari perbedaan antara bagian dari sistem yang satu dengan sistem yang lain. Sehingga sifat sistem dicerminkan oleh sifat dari keseluruhannya. Sifat tersebut tidak dimiliki oleh hanya satu bagian. Semakin kompleks sistem yang bersangkutan, semakin sulit diprediksi sifat dari sistem itu [7].

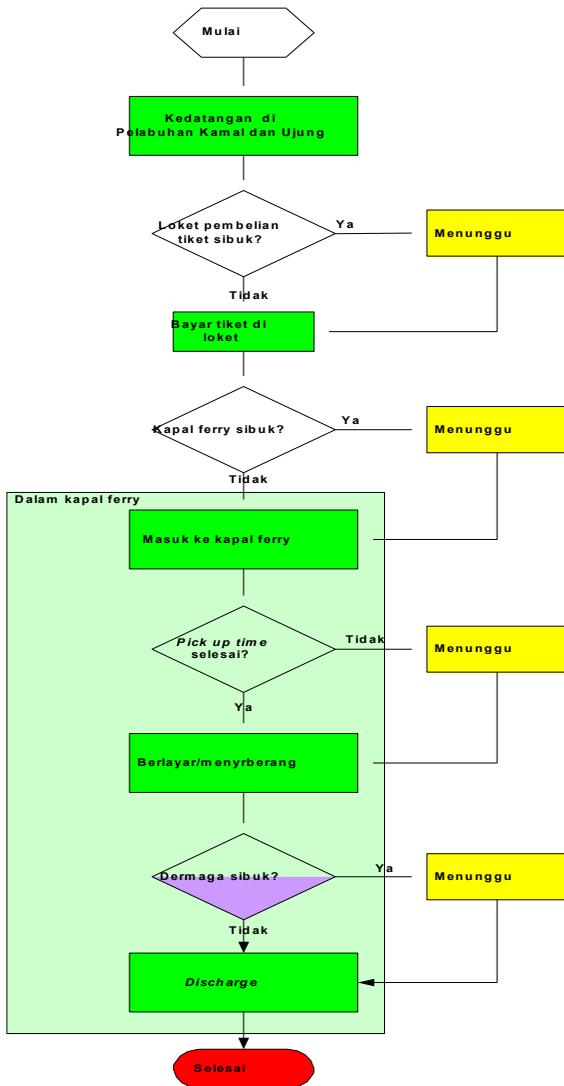
Menurut Smith dalam Tunas [7] tujuan dari studi sistem terutama yang berorientasi kepada pendayagunaan berpikir kesisteman, adalah untuk menyelidiki permasalahan yang ada pada sistem dan memperbaiki kinerja sistem secara keseluruhan.

## Model konseptual sistem angkutan penyeberangan

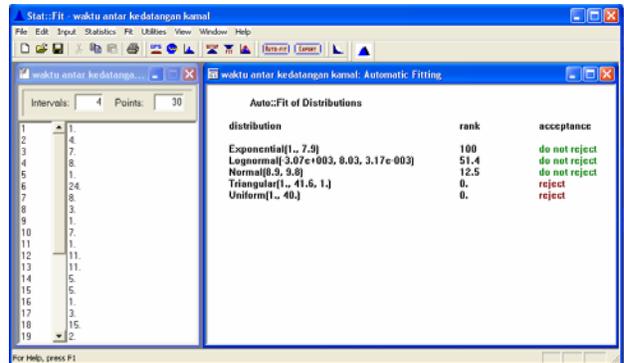
Model konseptual adalah representasi hasil pengambilan data dari sistem nyata angkutan penyeberangan dan formulasi bagaimana sistem bekerja. Pada gambar 1 diperlihatkan bahwa input model adalah data waktu antar kedatangan dan data waktu pelayanan dengan ukuran kinerja model adalah rata-rata lama waktu entitas dala sistem. Ukuran kinerja dapat diperbaiki dengan melakukan skenario perubahan pada kapasitas pelayanan. Pengembangan model simulasi membutuhkan konversi model konseptual model simulasi. Sementara itu, sistem antrian pada penyeberangan Ujung-Kamal dan Kama-Ujung dideskripsikan dengan *entity flow diagram* pada gambar 2.



Gambar 1. Model konseptual simulasi komputer sistem penyeberangan laut



Gambar 2. Diagram alir entitas dalam sistem penyeberangan



Gambar 3. Uji kecocokan distribusi statistik data waktu antar kedatangan entitas

nyata

Distribusi statistik waktu antar kedatangan entitas dan lama waktu pelayanan dalam antrian diperoleh dengan melakukan uji distribusi statistik menggunakan

Model operasional

Model operasional yang dikembangkan dalam penelitian ini dikodekan dengan perangkat lunak *Promodel V.6*, di mana untuk pengembangan model simulasi harus didefinisikan terlebih dahulu: *locations, entities, path network, resources, processing & routing, arrivals, variables dan attributes.*

```

*****
* Processing
*****
Process Routing
Entity Location Operation Blk Output Destination Rule Move Logic
nobil_kanal jalan_loket_1_kanal 1 nobil_kanal loket_masuk_kanal_1,1 0.500000 1 MOUE FOR 2
nobil_kanal loket_masuk_kanal_1 WAIT 1 INC loket_1_kanal nobil_kanal jalan_loket_2_kanal,2 0.500000 MOUE FOR 2
nobil_kanal parkir_tunggu_kanal_1 1 nobil_kanal parkir_tunggu_kanal_1 FIRST 1 MOUE FOR 2
nobil_kanal parkir_tunggu_kanal_1 ACCUM 40 COMBINE 40 WAIT 2 1 nobil_kanal parkir_tunggu_ujung_1 FULL 1 MOUE WITH kapal_laut_1 THEN FREE
nobil_kanal parkir_tunggu_ujung_1 1 nobil_kanal EXIT FIRST 1 MOUE FOR 2
nobil_kanal jalan_loket_2_kanal 1 nobil_kanal loket_masuk_kanal_2 FIRST 1 MOUE FOR 2
nobil_kanal loket_masuk_kanal_2 WAIT 2 INC loket_2_kanal 1 nobil_kanal parkir_tunggu_kanal_2 FIRST 1 MOUE FOR 1
nobil_kanal parkir_tunggu_kanal_2 ACCUM 40 COMBINE 40 WAIT 2 1 nobil_kanal parkir_tunggu_ujung_2 FULL 1 MOUE WITH kapal_laut_2 THEN FREE
nobil_kanal parkir_tunggu_ujung_2 WAIT 2 1 nobil_kanal EXIT FIRST 1 MOUE FOR 2
nobil_kanal jalan_loket_3_kanal 1 nobil_kanal loket_masuk_kanal_3 FIRST 1 MOUE FOR 2
nobil_kanal loket_masuk_kanal_3 WAIT 2 INC loket_3_kanal 1 nobil_kanal parkir_tunggu_kanal_3 FIRST 1 MOUE FOR 2
nobil_kanal parkir_tunggu_kanal_3 ACCUM 40 COMBINE 40 WAIT 2 1 nobil_kanal parkir_tunggu_ujung_3 FULL 1 MOUE WITH kapal_laut_3 THEN FREE
nobil_kanal parkir_tunggu_ujung_3 WAIT 2 1 nobil_kanal EXIT FIRST 1 MOUE FOR 1
nobil_ujung kedatangan_ujung 1 nobil_ujung jalan_loket_1_ujung,1 0.350000 1 MOUE FOR 1
nobil_ujung jalan_loket_2_ujung,2 0.350000 MOUE FOR 1
nobil_ujung jalan_loket_3_ujung,3 0.300000 MOUE FOR 1.5
nobil_ujung parkir_tunggu_ujung_1 1 nobil_ujung parkir_tunggu_ujung_1 FIRST 1 MOUE FOR 2
nobil_ujung parkir_tunggu_ujung_1 WAIT 2 INC loket_1_ujung 1 nobil_ujung parkir_tunggu_ujung_1 FIRST 1 MOUE FOR 1
nobil_ujung parkir_tunggu_ujung_1 ACCUM 40 COMBINE 40 WAIT 2 1 nobil_ujung parkir_tunggu_kanal_1 FULL 1 MOUE WITH kapal_laut_1 THEN FREE

```

Gambar 4. Contoh program coding pendefinisian proses.

**Eksperimen existing system**

Berdasarkan *performance measure* yang ingin dicapai yaitu adalah minimasi rata-rata waktu entitas dalam sistem, maka dilakukan analisis output dengan melakukan perhitungan replikasi awal dengan aproksimasi kasar sebanyak 10 kali. Untuk menguji kecukupan jumlah replikasi berdasarkan aproksimasi kasar maka digunakan persamaan statistik berikut ini untuk menguji sampel besar dengan kesalahan relatif (*re*) [9]:

$$\frac{Z_{\alpha/2} \cdot s}{x} \leq re \tag{1}$$

dengan *s*: standar deviasi ukuran performansi,

$\bar{x}$  : nilai rata-rata ukuran performansi,

*re* : tingkat kesalahan relatif,

$Z_{\alpha/2}$  : nilai kritis yang diperoleh dari tabel distribusi normal standar

Selanjutnya berdasar hasil replikasi awal 10 kali dengan:

1. P: Tingkat Kepercayaan = 95%
2.  $\alpha = 1 - 0.95 = 0.05$
3.  $\bar{x} = 96,11$
4.  $s = 3,06$
5.  $re = 10\%$

Dengan menggunakan persamaan 1 diperoleh jumlah replikasi,  $n' = 0,47 \gg 1$ . Hal ini memberikan arti bahwa jumlah replikasi minimum yang dibutuhkan dengan tingkat kepercayaan 95 % dan tingkat kesalahan 10%. Karena  $n' = 1$  sedangkan  $n = 10$  replikasi, jadi  $n' < n$ , sehingga tidak diperlukan penambahan replikasi lagi.

**Validasi**

Proses translasi dari kondisi real sistem ke model konseptual selalu melibatkan unsur kesalahan, karenanya perlu proses verifikasi dan validasi model untuk mereduksi atau mengeliminasi kesalahan. Proses verifikasi digunakan untuk membangun model dengan benar (*building the model right*) sedangkan proses validasi bertujuan untuk membangun model yang benar (*building the right model*). Bagaimana mengukur kesesuaian antara sistem nyata pelayanan angkutan penyeberangan Ujung-Kamal dengan model konseptual digunakan validasi model. Pelaksanaan validasi pada dasarnya paralel dengan simulasi awal artinya data yang didapatkan digunakan untuk simulasi awal dan proses validasi.

Dalam konteks model probabilistik, waktu antarkedatangan merupakan variabel random sehingga *running* simulasi tidak cukup dilakukan hanya satu kali. Karena itu dibutuhkan jumlah replikasi *running* yang cukup, hal ini identik dengan jumlah sampel yang diambil. Sifat replikasi ini harus bersifat independen

satu dengan yang lain, agar dapat digunakan untuk mengestimasi nilai harapan respons output model.

Variabel respons yang diperhatikan dalam model simulasi yang dikembangkan adalah lama waktu entitas dalam sistem, sehingga dalam validasi menggunakan output statistik hasil simulasi *Promodel* yang diperhatikan adalah *entity activity*. Selanjutnya dengan bantuan modul statistik yang disediakan *Promodel V.6*, dihitung statistiknya untuk mengetahui rata-rata dari rata-rata lama waktu dalam sistem dari data replikasi.

Pada makalah ini simulasi bersifat *steady state*, artinya pengumpulan data untuk validasi dilakukan setelah *warm up hours* (data dalam kondisi transien diabaikan). Proses validasi menguji hasil output simulasi dibandingkan dengan data riil di lapangan yang diambil secara random, dengan statistik dibandingkan rata-rata dan deviasi standar. Perbandingan ini menguji hipotesis apakah ada kesamaan rata-rata lama waktu riil dalam sistem dengan rata-rata lama waktu dalam sistem hasil output simulasi. Dengan demikian, uji hipotesis perbandingan simulasi lama waktu dalam sistem dilakukan dengan menguji persamaan 2 dan persamaan 3.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \dots\dots\dots (2)$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \dots\dots\dots (3)$$

Selanjutnya uji hipotesis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SPSS 13.0 dan hasilnya seperti yang tertera pada tabel 1 dan tabel 2. Pada tabel 2 ditunjukkan nilai *F* hitung sebesar 4,345 dengan probabilitas 5,2% atau lebih besar dari 5%, maka nilai *t* hitung berada di daerah penerimaan maka model valid.

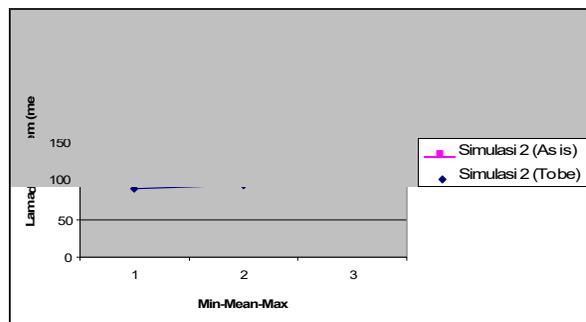
**Tabel 1.** Perbandingan rata-rata entitas dalam sistem

Type_data	N	Mean	Std. Deviation	Std. error mean
Rata2_dlm_sistem riil	10	96.3000	1.76698	.55877
simul	10	96.1080	3.05802	.96703

**Hasil dan Pembahasan**

Identifikasi penentuan alternatif penyelesaian masalah untuk meminimumkan lama waktu dalam sistem, berdasarkan kondisi riil dan simulasi existing yang perlu kemungkinan mengurangi batas kapasitas setiap kapal dalam mengangkut jumlah kendaraan yang diangkut setiap kali pemberangkatan, misalnya dalam simulasi ini dilakukan pengurangan dari 40 (simulasi 1) unit menjadi 35 unit (simulasi 2). Hasil statistik untuk simulasi 2 terlihat pada gambar 5 berikut ini.

Seperti yang terlihat pada gambar 5 bahwa simulasi 1 dan simulasi 2 menunjukkan tren yang sama, maka pendekatan uji hipotesis menggunakan pendekatan rata-rata lama waktu dalam sistem dapat digunakan. Uji Hipotesis Perbandingan Simulasi Lama Waktu Dalam Sistem dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SPSS 13.0, dengan:



**Gambar 5.** Grafik perbandingan sistem

**Tabel 2.** Hasil uji sampel rata-rata entitas dalam sistem

	Independent Samples Test								
	Levene's test for equality of variances				t-test for equality of means				
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean difference	Std. error difference	95% Confidence interval of the difference	
								Lower	Upper
Rata2_dlm_sistem									
Equal variances assumed	4.345	.052	.172	18	.865	.19200	1.11686	-2.15443	2.53843
Equal variances not assumed			.172	14.407	.866	.19200	1.11686	-2.19709	2.58109

**Tabel 3.** Analisis varian

	Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Between groups	214,054	1	214,054	22,444	,000
Within groups	171,671	18	9,537		
Total	385,725	19			

Hasil analisis varians lama waktu dalam sistem antara simulasi 1 (*as is*) dengan simulasi 2 (*to be*) memberikan tingkat signifikansi kurang dari 5% maka  $H_0$  ditolak atau rata-rata lama waktu dalam sistem berbeda antara existing (*as is*) dengan usulan (*to be*).

### Simpulan dan Saran

Pada makalah ini telah dikembangkan model simulasi diskrit angkutan penyeberangan laut di mana ukuran kinerja dinyatakan dalam rata-rata lama entitas dalam sistem. Hasil pengembangan model simulasi komputer untuk peningkatan kinerja angkutan penyeberangan Kamal-Madura adalah:

1. Penggunaan model simulasi sistem pada permasalahan peningkatan kinerja angkutan penyeberangan Kamal-Madura memerlukan beberapa asumsi dan simplifikasi dari sistem nyata. Sehingga penerapan hasil model simulasi ke dalam sistem nyata harus memperhatikan kembali kesesuaian asumsi dengan sistem riil.
2. Perbaikan yang diusulkan dengan menggunakan model simulasi yang dibangun dengan memperhatikan lama waktu entitas dalam sistem sebagai kriteria performansi menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan hasil model simulasi existing sistemnya. Hal ini dimungkinkan karena pengurangan batas kapasitas *pick up resources* dapat mengurangi lama waktu entitas dalam sistem.
3. Pengembangan model simulasi pada permasalahan peningkatan kinerja angkutan penyeberangan Kamal-Madura memerlukan proses pengambilan data yang akurat sehingga data yang diambil distribusi statistiknya benar-benar mewakili kondisi riil yang ada.

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Trunojoyo Madura yang telah mendanai penelitian ini melalui hibah penelitian DIPA tahun 2008.

### Daftar Pustaka

- [1] [<http://www.suramadu.com>].
- [2] Utomo, H.B., (1999), Optimasi Pengoperasian Pintu Tol, *Jurnal Media Teknik*, no. 4, vol. XXI, hal. 9–14.
- [3] Asmungi, (2006), *Simulasi Komputer Sistem Diskrit*, Penerbit Andi: Yogyakarta.
- [4] Harell., Ghosh., dan Bowden., (2004), *Simulation using Promodel*, McGraw-Hill: New York.
- [5] Sediono, W., dan Handoko, D., (2005), Pendekatan Simulasi dalam Mengoptimalkan Pengoperasian Gerbang Tol, *Prosiding Semiloka Teknologi Simulasi dan Komputasi serta Aplikasinya*, hal. 91–94
- [6] Hogan, B., dan Wojcik, L.A., (2004), Traffic Flow Management Modelling and Operational Complexity, *Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference*.
- [7] Syafe'i, H.M.Y, (2004), Analisis Pengaruh Perilaku Pengguna Busway Terhadap Kemacetan Lalu Lintas dan Dampaknya Terhadap Moda Transportasi Lainnya dengan Menggunakan System Dynamics, *Jurnal Infomatek*, vol. 6, no. 1, hal. 13–26.
- [8] Tunas, B., (2007), *Memahami dan Memecahkan Masalah dengan Pendekatan Sistem*, Nimas Mutiara: Jakarta.
- [9] Harell., Ghosh., dan Bowden., (2004), *Simulation using Promodel*, McGraw-Hill: New York.