

EVALUASI PENGARUH KONSTRUKSI MATERIAL, TINGKAT ISOLASI DAN SUHU LINGKUNGAN PADA SISTEM PEMANAS RUANGAN DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI KONTINYU

Sigit B. Prayudo, Ary Arvianto

Departemen Teknik dan Manajemen Industri, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha No. 10, Bandung
aryarvi@yahoo.com

Abstrak

Pengukuran kinerja pada sistem pemanas ruangan merupakan salah satu dari penelitian aplikatif. Sebuah sistem pemanas akan bekerja dengan berinteraksi dengan lingkungannya. Konstruksi material dan suhu lingkungan sangat mempengaruhi performansi sistem pemanas, akibatnya penggunaan bahan bakar akan terpengaruh. Dalam penelitian ini, model sistem pemanas akan memberikan gambaran mengenai performansi sistem nyatanya. Variabel dan parameter yang muncul harus terukur secara terus menerus, berarti variabel status berubah seiring berubahnya waktu sehingga dalam menyelesaikan model yang kompleks ini digunakan metode simulasi kontinyu. Perilaku yang dihasilkan dalam model ini akan di validasi, dan diusulkan dalam dua skenario sebagai eksperimennya. Pada penelitian ini digunakan alat bantu software statistik dan software simulasi powersim.

Kata kunci: *Kontinyu, Simulasi, Sistem Pemanas*

Abstract

Performance measurement for heating system is one of applicative research. A heating system will work with environment interactions. Materials construction and environment will influence heating system performance and also influence fuel consumption performance. This research will explain the real system by the heating system model behavior. The variables and parameters of the system must continually measurable. Its mean status of the variables become difference along with the time, so the model can be solved by continues simulation. This model will be validate and proposed with two scenarios for the experiment. In this research, statistic software and powersim simulation software will be used.

Keyword: *Continues, Simulation, Heating System*

PENDAHULUAN

Penelitian-penelitian simulasi sistem kontinyu selama ini sering dilakukan untuk menyelesaikan masalah-masalah pengaruh antar faktor, sebagai contoh sederhana adalah pengaruh tingkat kematian terhadap populasi pada suatu waktu tertentu. Penelitian-penelitian tersebut dapat dikembangkan dalam penelitian lain yang mempunyai sifat yang sama, dimana variabel status dipengaruhi waktu. Sifat-sifat variabel kontinyu dan random inilah yang sulit dihitung secara analitik, maupun heuristik, karena metode-metode yang tersedia dalam analitik maupun heuristik sangat sulit untuk memecahkan permasalahan variabel kontinyu dan random.

Penelitian ini memang bersifat evaluasi, yaitu hanya melihat kinerja sistem pemanas terhadap lingkungan sekitar. Sistem pemanas akan bekerja sesuai kondisi sistem, hanya konstruksi material saja yang memungkinkan untuk diubah, sedangkan faktor suhu akan sulit dikendalikan.

Model pada penelitian ini menggambarkan suatu rumah yang luasnya 1875 ft² yang menggunakan sistem pemanas ruangan. Pada sistem ini akan mengevaluasi efek/pengaruh dari jumlah/konstruksi material yang berbeda-beda dan tingkat isolasi yang berbeda pada operasi sistem pemanasan, dibawah kondisi temperatur luar dengan bermacam-macam parameter. Sistem pemanas bekerja untuk merespon variasi *inside* temperatur, merespon hilangnya panas yang disebabkan

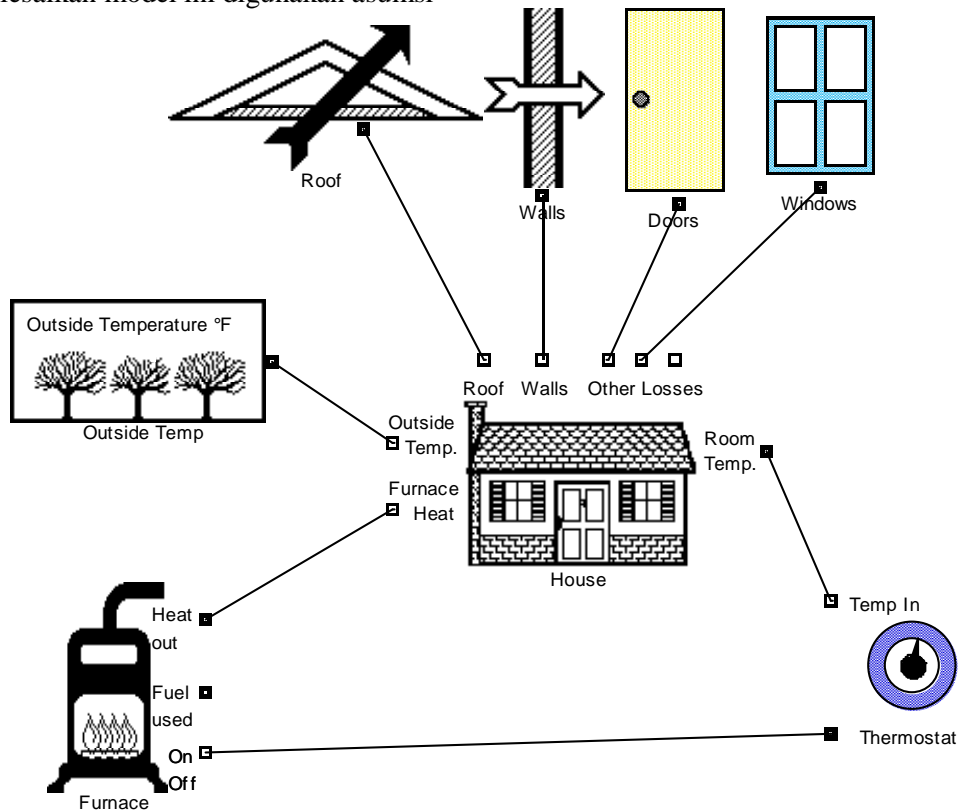
komponen-komponen material dari sebuah rumah dan perbedaan temperatur antara didalam dan diluar rumah. Besarnya kebutuhan bahan bakar juga dievaluasi.

Pada sistem pemanas ini akan dievaluasi tingginya tingkat konsumsi bahan bakar sebagai berdasarkan pengaturan suhu pada alat pemanas dan jumlah atau konstruksi komponen yang belum sesuai dengan kondisi lingkungan sekitar yang menyebabkan suhu ruangan tidak nyaman. Rumusan masalah yang akan diselesaikan pada penelitian ini adalah bagaimana efek atau pengaruh konstruksi material (jumlah komponen) dan tingkat isolasi oleh suhu lingkungan terhadap temperatur ruangan pada rumah yang mempunyai luasan 1875 ft². Dalam menyelesaikan model ini digunakan asumsi

1. Tungku perapian mengirim panas secara terus menerus keseluruh ruangan.
2. Panas yang hilang melalui lantai diabaikan

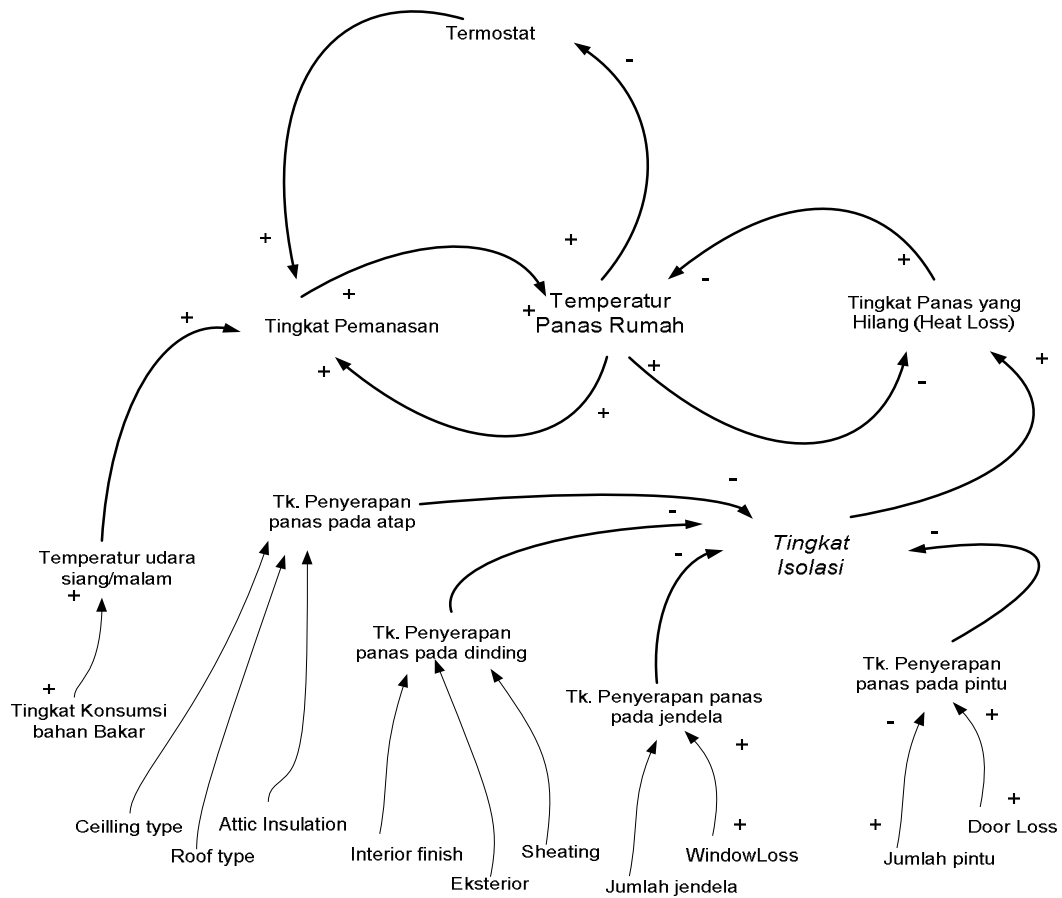
Berberapa hal yang perlu dididentifikasi dalam model ini adalah kondisi lingkungan yang terdiri dari suhu udara siang dan suhu udara malam hari serta tingkat isolasi yang terdiri dari karakteristik dinding, jumlah dan luasan pintu, jumlah dan luasan jendela, dan karakteristik atap.

Sistem ini hanya membahas satu sistem pemanas ruangan yang hanya dipengaruhi oleh aspek internal yaitu komponen/ material bangunan seperti pintu, jendela, dinding dan atap yang dipengaruhi oleh suhu lingkungan luar, kondisi sistem ini dapat dijelaskan dengan Gambar 1.



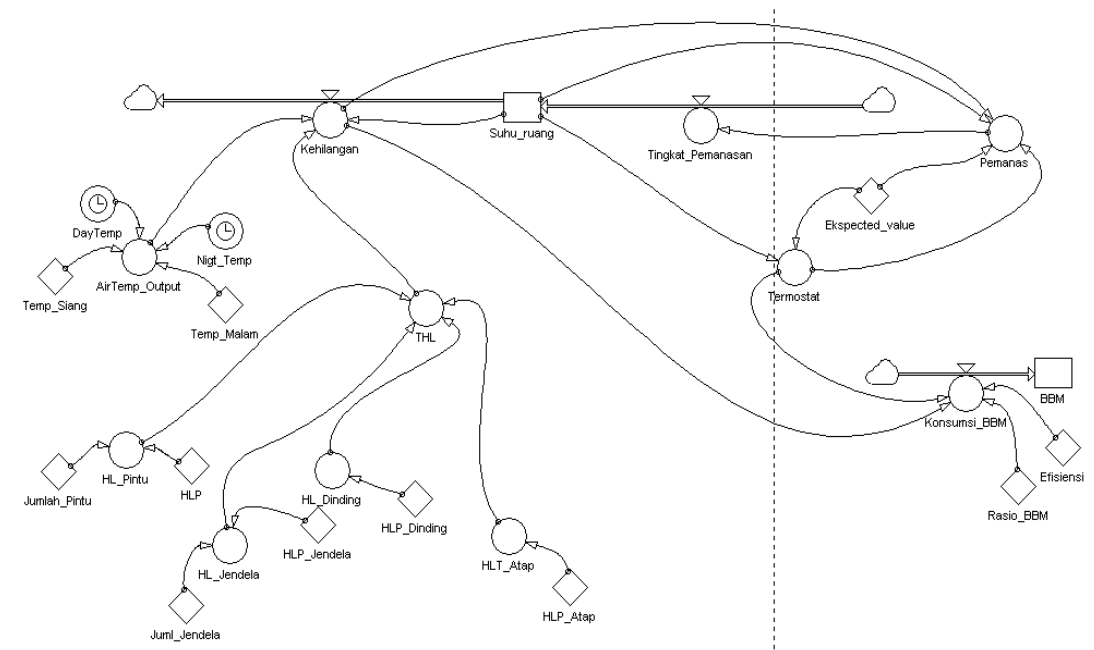
Gambar 1. Sistem Pemanas Ruangan

PEMBANGUNAN MODEL



Gambar 2. Causal Loop Model Pemanas Ruangan

Model dapat dibangun berdasarkan deskripsi sistem nyata yang direpresentasikan dengan *causal loop* model pemanas ruangan seperti pada Gambar 2. *Causal loop* tersebut memperlihatkan hubungan pengaruh antar elemen dan merupakan model konseptual yang dibangun selain itu juga mendasari logika pembangunan model simulasi yang dilakukan dengan bantuan *software Powersim*.



Gambar 3. Flow Diagram

Model konseptual di bentuk berdasarkan dari sistem nyata, sehingga dapat didefinisikan input, parameter dan output yang akan dihasilkan dari model simulasi yang dibangun. *Flow diagram* pada Gambar 3 merupakan penjabaran dari model konseptual dan merupakan representasi dari pembangunan model menggunakan software *PowerSim*, yang kemudian sering disebut dengan notasi *dynamo*. Dari notasi *dynamo* kemudian dirumuskan persamaan matematis sebagai bentuk penerjemahan logika yang dibangun oleh *flow diagram*, dan dituliskan sebagai berikut:

```

init   BBM = 0
flow   BBM = +dt*Konsumsi_BBM
init   Suhu_ruang = 59
flow   Suhu_ruang = dt*Kehilangan+dt*Tingkat_Pemanasan
aux    Kehilangan = ABS(AirTemp_Output-Suhu_ruang)*(1-THL)
aux    Konsumsi_BBM = IF(Termostat=1,(ABS(Kehilangan)*Rasio_BBM)/Efisiensi,0)
aux    Tingkat_Pemanasan = Pemanas*1
aux    AirTemp_Output = ((DayTemp+Nigt_Temp))*2*(Temp_Malam+Temp_Siang)
aux    DayTemp = COSWAVE(0.712,72)^4
aux    HL_Dinding = HLP_Dinding

```

```

aux    HL_Jendela = HLP_Jendela*Juml_Jendela
aux    HL_Pintu = Jumlah_Pintu*HLP
aux    HLT_Atap = HLP_Atap
aux    Nigt_Temp = SINWAVE(0.772,72)^4
aux    Pemanas = IF(Termostat=1,(Ekspected_value-Suhu_ruang+Kehilangan),0)
aux    Termostat = IF(Suhu_ruang<Ekspected_value-8,1,0)
aux    THL = HL_Jendela+HL_Pintu+HL_Dinding+HLT_Atap
const Efisiensi = 0.75
const Ekspected_value = 64
const HLP = 0.05
const HLP_Atap = 0.05
const HLP_Dinding = 0.16
const HLP_Jendela = 0.05
const Juml_Jendela = 8
const Jumlah_Pintu = 2
const Rasio_BBM = 0.058
const Temp_Malam = 20
const Temp_Siang = 45

```

Dalam melakukan perhitungan, verifikasi dan validasi maka diperlukan data-data sistem awal sebagai input parameter, hasil pengamatan kondisi nyata dan hasil simulasinya.

Jenis Insulasi Pintu	Heat Loss Percentage
Weatherstripped	0.05
Non Weatherstripped	0.10

Jenis Insulasi Jendela	Heat Loss Percentage
Weatherstripped	0.05
Non Weatherstripped	0.10

Jenis Atap	Jenis Langit - Langit	Heat Loss Percentage
3/8 in. gypsum board	ASPHALT SHINGLES on 25/32 plywood sheathing	0,08
	SLATE SHINGLES on 25/32 in. wood sheathing	0,10
	WOOD SHINGLES on 1 x 4 wood strips 6 in. ctrs.	0,12
	R11 Foil-Backed Fiberglass	0,29
1/2 in. insulation board	ASPHALT SHINGLES on 25/32 plywood sheathing	0,05
	SLATE SHINGLES on 25/32 in. wood sheathing	0,06
	WOOD SHINGLES on 1 x 4 wood strips 6 in. ctrs.	0,06
	R11 Foil-Backed Fiberglass	0,12
Acoustic tile (3/4 in.) on 3/8 in. gypsum board	ASPHALT SHINGLES on 25/32 plywood sheathing	0,08
	SLATE SHINGLES on 25/32 in. wood sheathing	0,04
	WOOD SHINGLES on 1 x 4 wood strips 6 in. ctrs.	0,04
	R11 Foil-Backed Fiberglass	0,07

Jenis Dinding Interior	Jenis Dinding Eksterior	Jenis Bahan Pelapis	Heat Loss Percentage		
3/8 in. Gypsum Board	Stucco	None	0,18		
		5/16 in. Plywood	0,14		
		25/32 in. Insulation Board	0,05		
	Face-Brick Veneer	None	None	0,14	
			5/16 in. Plywood	0,11	
			25/32 in. Insulation Board	0,04	
		Drop Siding (1 by 8 in.)	None	None	0,11
				5/16 in. Plywood	0,09
				25/32 in. Insulation Board	0,04
	Metal Lath, 3/4 in. plaster (sand agg.)	Stucco	None	0,20	
			5/16 in. Plywood	0,16	
			25/32 in. Insulation Board	0,06	
Face-Brick Veneer		None	None	0,16	
			5/16 in. Plywood	0,13	
			25/32 in. Insulation Board	0,05	
		Drop Siding (1 by 8 in.)	None	None	0,12
				5/16 in. Plywood	0,10
				25/32 in. Insulation Board	0,04
1/2 in Insulating Board, 1/2 in Plaster (sand agg.)		Stucco	None	0,08	
			5/16 in. Plywood	0,07	
			25/32 in. Insulation Board	0,03	
	Face-Brick Veneer	None	None	0,07	
			5/16 in. Plywood	0,06	
			25/32 in. Insulation Board	0,03	
		Drop Siding (1 by 8 in.)	None	None	0,06
				5/16 in. Plywood	0,05
				25/32 in. Insulation Board	0,03

PEMBAHASAN

Analisis Output

Verifikasi dan Validasi

Proses verifikasi dapat dilakukan dengan menguji logika *causal loop*, sedangkan pada proses validasi dilakukan dengan dua cara yaitu validasi visual dan validasi data. Pada hasil validasi visual, perbandingan grafik *air temperatur out*, konsumsi BBM dan suhu ruangan memperlihatkan bahwa antara percobaan (sistem nyata) dengan model simulasi

mempunyai perilaku yang sama, sehingga secara visual dapat dikatakan bahwa model valid.

Pada validasi data, data yang divalidasi adalah data perubahan konsumsi bahan bakar selama 24 jam.

Dari hasil pengujian menggunakan uji t disimpulkan bahwa *Ho* diterima. Berarti dapat dinyatakan bahwa secara statistik tidak ada perbedaan antara percobaan dengan hasil simulasi.

VAR00001	VAR00002	VAR00001	VAR00002
<i>Percobaan</i>	<i>Hasil Simulasi</i>	<i>Percobaan</i>	<i>Hasil Simulasi</i>
0.68	0.00	0.00	0.61
0.00	0.42	0.49	0.00
0.49	0.00	0.00	0.48
0.00	0.56	0.00	0.00
0.49	0.00	0.49	0.00
0.00	0.66	0.00	0.18
0.49	0.00	0.00	0.00
0.10	0.71	0.19	0.00
0.39	0.00	0.19	0.21
0.10	0.70	0.00	0.00
0.39	0.00		

T-Test

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
VAR00001	24	.2075	.22728	.04639

One-Sample Test

	Test Value = 90					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
VAR00001	-1935.496	23	.000	-89.79250	-89.8885	-89.6965

Eksperimen Model

Setelah menghasilkan model simulasi sebagai model *as is* nya, maka diperlukan eksperimen sebagai langkah perbaikan terhadap sistem. Perancangan ini dapat dilakukan karena model yang dihasilkan adalah model yang valid, sehingga dapat diusulkan skenario pembandingan yang relevan, mudah dan dapat diaplikasikan pada sistem nyatanya.

Mengubah jenis bahan dari atap, dinding, pintu, jendela, jumlah pintu dan jumlah jendela sehingga tingkat insulasi panas menjadi lebih tinggi. Dengan semakin baiknya insulasi, maka kehilangan panas dari rumah tidak terlalu besar dan kerja pemanas akan semakin berkurang, dimana hal ini akan mengurangi konsumsi BBM (bahan bakar).

Elemen yang Diubah	Heat Loss Percentage	Heat Loss Percentage
	Awal	Akhir
Jenis Atap	0.29	0.04
Jenis Dinding	0.20	0.03
Jenis Pintu	0.1	0.05
Jenis Jendela	0.1	0.05
Jumlah Pintu	2	2
Jumlah Jendela	8	6

Dari hasil simulasi yang dilakukan pada perubahan akhir maka dapat diperbandingkan konsumsi bahan bakar pada kondisi awal dengan kondisi akhir sebagai berikut:

Pemakaian BBM (akumulatif liter per jam)		
Waktu	Awal	Akhir
1	0,27	0,3
2	0,27	0,3
3	1,64	0,8
4	1,64	0,8
5	3,22	1,4
6	3,22	1,4
7	5,05	2,08
8	5,05	2,08
9	7,01	2,77
10	7,01	2,77
11	8,91	3,37
12	8,91	3,37
13	10,52	3,83
14	10,52	3,83
15	11,74	4,15
16	11,74	4,15
17	12,59	4,36
18	12,59	4,36
19	13,28	4,58
20	13,28	4,58
21	14,05	4,89
22	14,05	4,89
23	15,13	5,35
24	15,13	5,35

Untuk melihat apakah perubahan parameter dari model dapat memberikan dampak yang nyata terhadap model, maka perlu dilakukan uji statistik. Uji yang digunakan adalah uji-t, yaitu membandingkan antara dua model. Dari hasil uji-t, dapat terlihat terdapat perbedaan antara model awal dan model akhir pada taraf 5%. Sehingga dapat disimpulkan perubahan parameter model yang dilakukan memberikan dampak yang nyata terhadap ukuran performansi.

Variabel kebijakan yang digunakan adalah karakteristik bahan bangunan dan jumlah pintu dan jendela, karena hal ini akan sangat menentukan tingkat isolasi panas dari rumah. Semakin tinggi tingkat isolasi maka kondisi lingkungan luar akan semakin tidak berpengaruh terhadap kondisi ruangan, maka kerja pemanas akan semakin berkurang. Ukuran performansi didalam sistem ini adalah tingkat konsumsi BBM per hari.

KESIMPULAN DAN SARAN

Variabel kebijakan yang digunakan adalah karakteristik bahan bangunan dan jumlah pintu dan jendela, karena hal ini akan sangat menentukan tingkat isolasi panas dari rumah. Semakin tinggi tingkat isolasi maka kondisi lingkungan luar akan semakin tidak berpengaruh terhadap kondisi ruangan, maka kerja pemanas akan semakin berkurang. Ukuran performansi didalam sistem ini adalah tingkat konsumsi BBM per hari. Dengan melihat hasil pengujian diantara dua model yang dicoba, maka dapat terlihat bahwa model akhir memiliki tingkat konsumsi BBM yang lebih rendah dari pada model awal. Berdasarkan hal tersebut maka konfigurasi yang direkomendasikan adalah :

Elemen yang Diubah	Jenis heat loss (%)
Jenis Atap	0.04
Jenis Dinding	0.03
Jenis Pintu	0.05
Jenis Jendela	0.05
Jumlah Pintu	2 buah
Jumlah Jendela	6 buah

Sebagai rekomendasi perlu dilakukan pengembangan model lebih lanjut menggunakan satuan energi seperti BTU, Joule, dll. Selain itu perlu dikembangkan 2 model yang memiliki sistem pemanas dan pendingin

DAFTAR PUSTAKA

1. Clifford Strock, (1979), *The Handbook of Air Conditioning, Heating and Ventilating*, Published by The Industrial Press, 93 Worth St. New York, N.Y.
2. Law & Kelton, (2000), *Simulation Modelling & Analysis, Mc GrawHill International Series*, New York
3. Banks, Jerry and John S. Carson, (2001), *Discrete Event System Simulation II*, Pearson International Education Series
4. Banks, J., (1998), *Handbook of Simulation*, John Wiley & Sons, Inc., New York
5. Suprayogi, (2007), *Hand Out Kuliah Simulasi*, ITB, Bandung
6. <http://www.imaginethatinc.com>