

# 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](mailto: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 ft<sup>2</sup> 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.

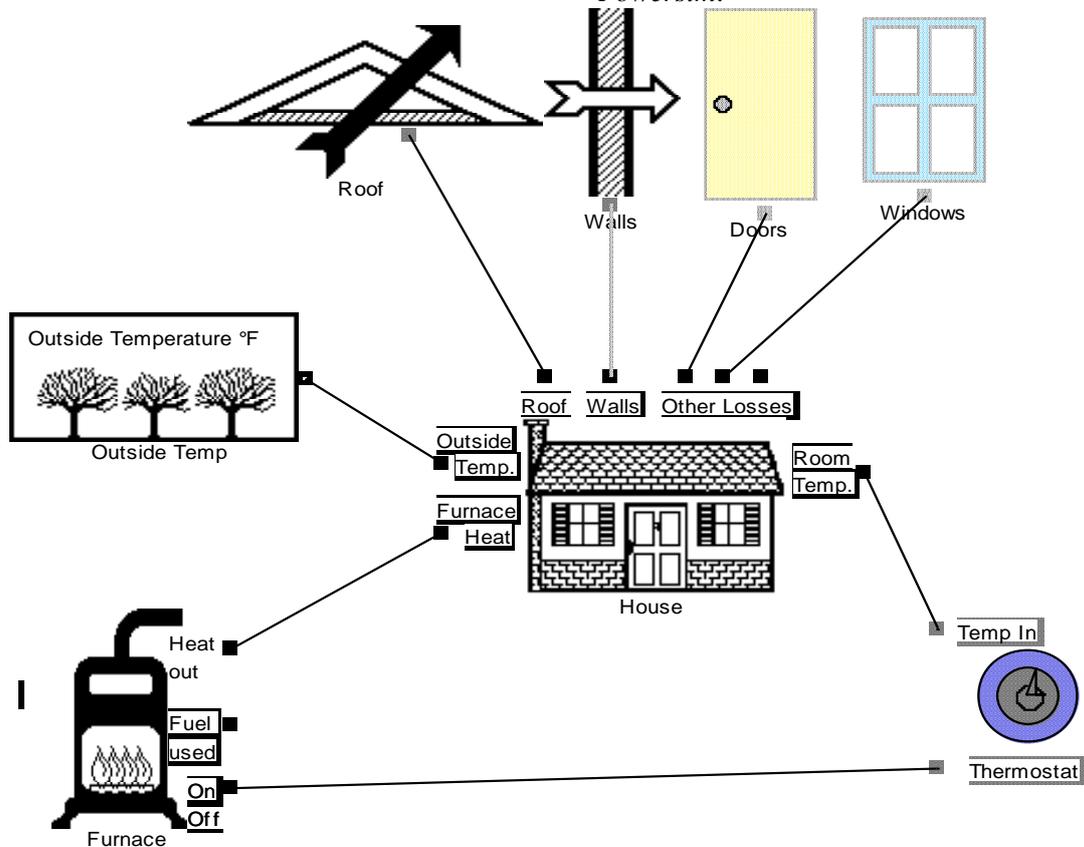
Pada sistem pemanas ini akan dievaluasi tingginya tingkat konsumsi bahan bakar sebagai berdasarkan pengaturan suhu pada alat pemanas dan jumlah atau konstruksi komponen yang belum sesuai dengan kondisi lingkungan sekitar yang menyebabkan suhu ruangan tidak nyaman. Rumusan masalah yang akan diselesaikan 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 ft<sup>2</sup>. Dalam menyelesaikan model ini digunakan asumsi

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

Beberapa 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.

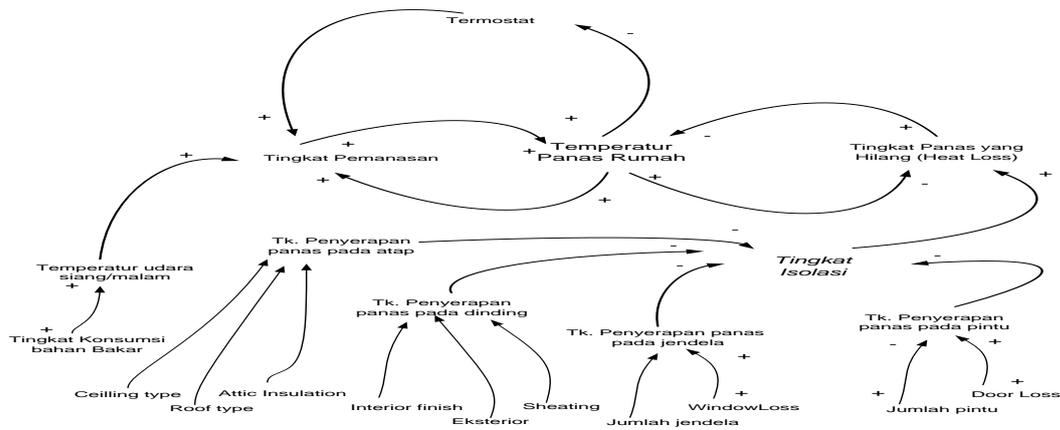
Sistem ini hanya membahas satu sistem pemanas ruangan yang hanya dipengaruhi oleh aspek internal yaitu komponen/ material bangunan seperti pintu, jendela, dinding dan atap yang dipengaruhi oleh suhu lingkungan luar, kondisi sistem ini dapat dijelaskan dengan Gambar 1.

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*.

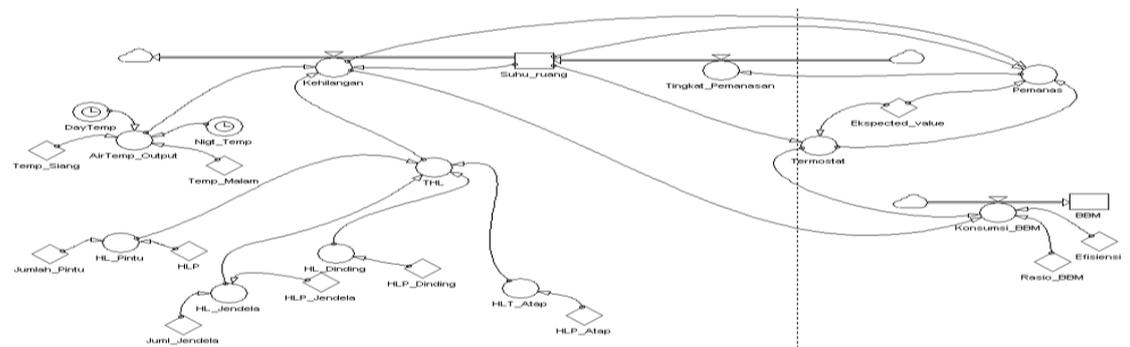


Gambar 1 Sistem Pemanas Ruang

## PEMBANGUNAN MODEL



Gambar 2 Causal Loop Model Pemanas Ruang



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 Jum1\_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	
	Face-Brick Veneer	25/32 in. Insulation Board	0,05	
		None	0,14	
		5/16 in. Plywood	0,11	
		25/32 in. Insulation Board	0,04	
	Drop Siding (1 by 8 in.)	None	0,11	
		5/16 in. Plywood	0,09	
		25/32 in. Insulation Board	0,04	
		None	0,11	
	Metal Lath, 3/4 in. plaster (sand agg.)	Stucco	5/16 in. Plywood	0,16
			25/32 in. Insulation Board	0,06
Face-Brick Veneer		None	0,16	
		5/16 in. Plywood	0,13	
		25/32 in. Insulation Board	0,05	
		None	0,12	
Drop Siding (1 by 8 in.)		5/16 in. Plywood	0,10	
		25/32 in. Insulation Board	0,04	
		None	0,08	
		5/16 in. Plywood	0,07	
1/2 in Insulating Board, 1/2 in Plaster (sand agg.)		Stucco	25/32 in. Insulation Board	0,03
			None	0,07
	Face-Brick Veneer	5/16 in. Plywood	0,06	
		25/32 in. Insulation Board	0,03	
		None	0,07	
		5/16 in. Plywood	0,06	
	Drop Siding (1 by 8 in.)	25/32 in. Insulation Board	0,03	
		None	0,06	
		5/16 in. Plywood	0,05	
		25/32 in. Insulation Board	0,03	

VAR00001 <i>Percobaan</i>	VAR00002 <i>Hasil Simulasi</i>	VAR00001 <i>Percobaan</i>	VAR00002 <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

## HASIL DAN 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 *H<sub>0</sub>* diterima. Berarti dapat dinyatakan bahwa secara statistik tidak ada perbedaan antara percobaan dengan hasil simulasi.

### 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 perbandingan 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 Awal	Heat Loss Percentage Akhir
Jenis Atap	0.29	0.04
Jenis Dinding	0.20	0.03
Jenis Pintu	0.1	0.05

Jenis	0.1	0.05
Jendela		
Jumlah	2	2
Pintu		
Jumlah	8	6
Jendela		

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.

## KESIMPULAN

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