



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**KAJI EKSPERIMENTAL PERBANDINGAN NILAI ROI
(*RETURN OF INVESTMENT*) ANTARA PENGGUNAAN
EXHAUST FAN DAN LUAS VENTILASI PADA RUMAH
MODEL DENGAN MEKANISME PERPINDAHAN PANAS
KONVEKSI AKIBAT RADIASI MATAHARI
MENGUNAKAN VARIASI WARNA CAT PUTIH, ABU-ABU,
KUNING DAN TANPA CAT**

TUGAS AKHIR

**GANANG WISMA WEDHA
L2E 308 015**

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG
JUNI 2011**

TUGAS SARJANA

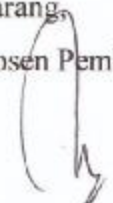
Diberikan kepada: : Nama: Ganang Wisma Wedha
NIM : L2E 308 015
Dosen Pembimbing : Ir. Eflita Yohana, MT
Jangka Waktu : 12 (Dua Belas) bulan
Judul : Kaji Eksperimental Perbandingan Nilai Roi (*Return Of Investment*) Antara Penggunaan *Exhaust Fan* Dan Luas Ventilasi Pada Rumah Model Dengan Mekanisme Perpindahan Panas Konveksi Akibat Radiasi Matahari Menggunakan Variasi Warna Cat Putih, Abu-Abu, Kuning Dan Tanpa Cat

Isi Tugas :

1. Perbandingan temperatur dinding dan ruangan secara konveksi paksa dan konveksi alami akibat dari radiasi matahari dengan membedakan warna dinding rumah.
2. Menentukan luas ukuran ventilasi alami keluaran untuk variasi warna dinding luar berdasarkan panas yang harus dibuang.
3. Membandingkan besarnya nilai panas yang tersimpan dalam ruangan antara konveksi alami (ventilasi) dengan konveksi paksa menggunakan *exhaust fan*.
4. Nilai ROI (*Return Of Investment*) dari rumah model tersebut.

Semarang, Juni 2011

Dosen Pembimbing


Ir. Eflita Yohana, MT

NIP 196205281990012001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA	: Ganang Wisma Wedha
NIM	: L2E 308 015
Tanda Tangan	: 
Tanggal	: 23 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Ganang Wisma Wedha
NIM : L2E 308 015
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Kaji Eksperimental Perbandingan Nilai ROI (Return Of Investment) Antara Penggunaan Exhaust Fan dan Luas Ventilasi Pada Rumah Model Dengan Mekanisme Perpindahan Panas Konveksi Akibat Radiasi Matahari Menggunakan Variasi Warna Cat Putih, Abu-Abu, Kuning Dan Tanpa Cat

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

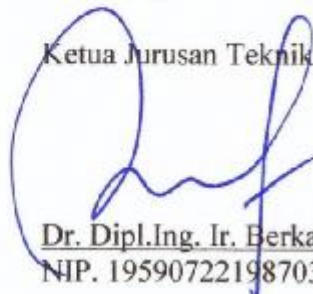
TIM PENGUJI

Pembimbing : Ir. Eflita Yohana, MT
Penguji : Ir. Djoeli Satridjo, MT
Penguji : Dr. Sri Nugroho, ST, MT

(.....)
(.....)
(.....)

Semarang, Juni 2011

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Dipl. Ing. Ir. Berkah Fadjar TK
NIP. 195907221987031003

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ganang Wisma Wedha
NIM : L2E 308 015
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Kaji Eksperimental Perbandingan Nilai ROI (Return Of Investment) Antara Penggunaan Exhaust Fan dan Luas Ventilasi Pada Rumah Model Dengan Mekanisme Perpindahan Panas Konveksi Akibat Radiasi Matahari Menggunakan Variasi Warna Cat Putih, Abu-Abu, Kuning Dan Tanpa Cat”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 23 Juni 2011

Yang menyatakan



(Ganang Wisma Wedha)

Abstrak

Penggunaan warna cat yang berbeda pada dinding luar rumah mempengaruhi kalor yang tersimpan di dalam ruangan dan ukuran ventilasi yang digunakan. Eksperimen ini menggunakan rumah model dengan dinding plester ukuran $1 \times 1 \times 1,7 \text{ m}^2$, variasi warna yang digunakan adalah warna putih, abu-abu, kuning, dan tanpa cat. Kalor yang tersimpan di dalam ruangan akibat radiasi matahari dapat ditentukan dengan mekanisme perpindahan kalor konveksi paksa menggunakan *exhaust fan* dan konveksi alami yang mengakibatkan kenaikan temperatur ruang dan penurunan kelembaban relatif ruang. Hasil eksperimen menunjukkan hubungan antara kalor dalam ruangan akibat variasi warna cat yang digunakan dengan ukuran ventilasi keluar dan penggunaan *exhaust fan* untuk membuang kalor agar kondisi ruangan tetap nyaman. Kalor yang tersimpan dalam ruangan tertinggi ketika menggunakan *exhaust fan* pada warna abu-abu sebesar 210,04 W, tanpa cat 207,39 W, putih 181,3W dan kuning 183,05 W. Sedangkan ketika tidak menggunakan *exhaust fan* kalor yang tersimpan dalam ruang pada warna abu-abu sebesar 249,58 W, tanpa cat 245,40 W, putih 218,74 W dan kuning 225,66 W. Hal tersebut menuntut kebutuhan ukuran ventilasi yang lebih besar pada warna gelap dibanding warna terang yaitu variasi tanpa cat sebesar $0,0496 \text{ m}^2$, warna abu-abu sebesar $0,0509 \text{ m}^2$, warna putih sebesar $0,0392 \text{ m}^2$, dan warna kuning sebesar $0,0389 \text{ m}^2$.

Kata kunci: warna cat; perpindahan kalor; *exhaust fan*; ventilasi; kalor yang tersimpan.

Abstract

The application of different paint color on the outside wall the home affect the heat stored inside the room and size of used ventilation. This experiment used a model house with plaster wall $1 \times 1 \times 1.7 \text{ m}^2$ size, a color variation that used is white, grey, yellow and without paint. Heat that occurs inside room result of solar radiation can a given with forced convection with exhaust fan and natural convection heat transfer mechanism that resulted in increment of room temperature and decreasing room relative humidity. Result of experiment shows correlation between heat inside room effect of used paint color variation with size of ventilation and exhaust fan application to discard a heat in order to comfortable room condition. The highest heat stored inside room by use of exhaust fan in grey is 210.04 W, without paint 207.39, white 181.3 W and yellow 183.05. While not use exhaust fan in grey is 249.58 W, without paint 245.40 W, white 218.74 W and yellow 225.66 W. Those need ventilation size in dark color bigger than bright color that is without color variation 0.0496 m^2 , grey 0.0509 m^2 , white 0.0392 m^2 and yellow 0.0389 m^2 .

Keywords: paint color; heat transfer; exhaust fan; ventilation; heat stored.

NUMENKLATUR

α	: Absorbsivitas dari cat
ΔT	: Beda temperatur (K)
Q	: Debit udara yng dipindahkan (m^3/s)
ε	: Emisivitas
E_g	: Energi generasi (W)
E_{out}	: Energi yang keluar (W)
E_{in}	: Energi yang masuk (W)
E_{st}	: Energi yang tersimpan(W)
g	: Gaya gravitasi (m/s^2)
G_r	: Grashoff number
$q_{r\ sun}$	: Intensitas iradiasi matahari dibumi (W/m^2)
v	: Kecepatan aliran udara (m/s)
B	: Koefisien muai volum (1/K)
h_c	: Koefisien perpindahan kalor secara konveksi ($W/m^2\ ^0C$)
k	: Konduktivits termal ($W/m\ ^0C$)
l	: Lebar (m)
A	: Luas area (m^2)
m	: Massa jenis (Kg/m^3)
N_u	: Nusselt number
q_{con}	: Kalor secara konduksi (W)
q_c	: Kalor secara konveksi (W)
q_{cv}	: Kalor secara konveksi keluar ventilasi (W)
q_r	: Kalor secara radiasi (W)
C	: Kalor spesifik udara $Kj/Kg\ ^0C$
q_{out}	: Kalor yang keluar (W)
q_{in}	: Kalor yang masuk (W)
H	: Kalor yang terjadi (W)
ΔE	: Kalor yang tersimpan (W)
P_r	: Prandtl number
L	: Panjang permukaan (m)
R_a	: Rayleigh number
RH	: Relative humidity (%)
T_w	: Temperatur dinding (K)
T_{∞}	: Temperatur lingkungan (K)
T_f	: Temperatur rata-rata (K)
T_r	: Temperatur ruang (K)
t	: Tinggi (m)
N	: Udara yang harus dibuang perjam

μ : Viskositas absolut (Kg/m.s)
 ν : Viskositas kinematik (m^2/s)
 V : Volume ruang (m^3)
 x : Jarak (tebal) kalor secara konduksi
 Q : Udara yang dipindahkan (m^3/s)
 H : Kalor yang dipindahkan (W)

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Kaji Eksperimental Perbandingan Nilai Roi (*Return Of Investment*) Antara Penggunaan *Exhaust Fan* Dan Luas Ventilasi Pada Rumah Model Dengan Mekanisme Perpindahan Panas Konveksi Akibat Radiasi Matahari Menggunakan Variasi Warna Cat Putih, Abu-Abu, Kuning Dan Tanpa Cat” dengan baik. Penyusunan laporan ini bertujuan untuk melatih mahasiswa berfikir secara analisis, sintesis, dan sistemik sebagai bekal lulusan, sehingga merupakan salah satu syarat kelulusan pada Program S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada :

1. Ibu Ir. Eflita Yohana, MT, selaku dosen pembimbing tugas akhir.
2. Bapak Dr. Joga Dharma Setyawan MSc, Bsc, Phd. selaku dosen wali.
3. Bapak dan Ibu dosen beserta staff Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang.
4. Keluarga tercinta yang terus membantu dan memberi restu serta do’a.
5. Rekan-rekan tim tugas akhir yang telah membantu.
6. Rekan-rekan Ekstensi angkatan 2008 S-1 Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
7. Semua pihak yang telah membantu selama pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini.

Oleh karena keterbatasan penyusun, maka laporan tugas akhir ini banyak kekurangannya, sehingga penyusun sangat berterimakasih apabila ada saran atau kritik yang sifatnya membangun. Namun bagaimanapun penyusun berharap laporan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, Juni 2011

Penyusun

MOTTO

“ You’ll Never Walk Alone ”

“ Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan (QS 94:6) “

PERSEMBAHAN

Laporan ini penulis persembahkan kepada :

1. Bapak & Ibu tercinta yang selalu menyayangi, memberikan doa restu serta dukungannya selama ini.
2. Adik-adikku tercinta yang selalu membantu dan memberikan semangat.
3. Pacar sekaligus sahabat yang selalu menyemangati.
4. Team TA (Hary Kurnianto, Deka Ivan) yang selalu memberikan semangat dan selalu siap membantu hingga terselesaikannya laporan tugas akhir ini.
5. Teman-teman Ekstensi angkatan 2008 Jurusan Teknik Mesin UNDIP semarang
6. Teman-teman Kost Mulawarman Barat 2/3a.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
TUGAS SARJANA	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK.....	vi
NUMENKLATUR.....	vii
KATA PENGANTAR	ix
MOTTO & PERSEMBAHAN	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR FOTO	xvi
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metodologi Penulisan	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian-Penelitian Sebelumnya.....	6
2.2 Landasan Teori	7
2.2.1 Perpindahan Kalor.....	7
2.2.2 Radiasi.....	8
2.2.3 Konduksi	9

2.2.4 Konveksi.....	10
2.2.4.1 Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi	11
2.2.4.1.1 Koefisien Perpindahan Kalor Secara Konveksi Alami.....	11
2.2.4.1.2 Koefisien Perpindahan Kalor Secara Konveksi Paksa	13
2.2.5 Keseimbangan Energi	14
2.2.5.1 Keseimbangan Termal Dinding	15
2.2.5.1.1 Besarnya Kalor Masuk.....	16
2.2.5.1.2 Besarnya Kalor Keluar.....	17
2.2.5.2 Keseimbangan Termal Ruang.....	17
2.2.5.2.1 Besarnya Kalor Masuk.....	18
2.2.5.2.2 Besarnya Kalor Keluar.....	18
2.2.6 Pergantian Udara Seharusnya.....	19
2.3 <i>Return Of Investment</i> (ROI)	20
2.4 Penyegaran Udara	20
2.4.1 Ventilasi	21
2.4.2 <i>Exhaust Fan</i>	22
2.4.3 Konsep Ventilasi Alami	22
 BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	24
3.2 Deskripsi Alat dan Bahan.....	27
3.2.1 Bahan yang digunakan	29
3.2.2 Alat yang digunakan.....	31
3.3 Langkah pembuatan Alat Uji	36
3.4 Langkah-Langkah dalam Pengujian.....	37
3.4.1 Pewarnaan Dinding	38
3.5 Kalibrasi Alat Ukur	39
 BAB IV ANALISA DAN PERHITUNGAN	
4.1 Data Hasil Pengujian	42
4.1.1 Hasil Pengujian Menggunakan <i>Exhaust Fan</i>	42

4.1.2 Hasil Pengujian Tanpa Menggunakan <i>Exhaust Fan</i>	54
4.2 Perhitungan Menggunakan <i>Exhaust Fan</i>	66
4.2.1 Besarnya Kalor Masuk	66
4.2.2 Besarnya Kalor Keluar	75
4.2.3 Kalor Yang Tersimpan di Dalam ruangan	81
4.2.4 Aliran Udara Yang Diperlukan Untuk Mempertahan- kan Suhu Ruang	83
4.2.4.1 Pergantian Udara Pada Ruang Seharusnya.....	83
4.2.4.2 Besarnya Kalor yang Dibuang.....	85
4.3 Perhitungan Kondisi Alami	89
4.3.1 Besarnya Kalor Masuk.....	90
4.3.2 Besarnya Kalor Keluar	99
4.3.3 Kalor yang Tersimpan di Dalam Ruangan.....	101
4.3.4 Aliran Udara Yang Diperlukan Untuk Mempertahan- kan Suhu Ruang	105
4.3.5 Besarnya Kalor Yang Dibuang	108
4.3.6 Luas Ventilasi Keluar.....	111
4.4 Perhitungan Nilai ROI.....	114
4.5 Pembahasan	116
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	118
5.2 Saran.....	119
DAFTAR PUSTAKA	120
LAMPIRAN	122

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perpindahan Kalor Satu Dimensi Melalui Dinding Komposit.....	9
Gambar 2.2 Perpindahan Kalor Konveksi Dari Suatu Plat	11
Gambar 2.3 Kekekalan Energi Pada Kontrol Volume	14
Gambar 2.4 Keseimbangan Energi Pada Dinding.....	15
Gambar 2.5 Keseimbangan Energi Pada Ruang Model Rumah	18
Gambar 2.6 <i>Cross ventilation</i>	23
Gambar 2.7 <i>Stack ventilation</i>	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3.2 Model rumah tampak depan.....	27
Gambar 3.3 Model rumah tampak belakang	28
Gambar 3.4 Model rumah tampak samping.....	29
Gambar 3.5 Penampang tebal dinding	30
Gambar 4.1 Posisi titik pengujian model rumah.....	41
Gambar 4.2 Temperatur Pada T1	42
Gambar 4.3 Temperatur Pada T2	43
Gambar 4.4 Temperatur Pada T3.....	44
Gambar 4.5 Temperatur Pada T4.....	45
Gambar 4.6 Temperatur Pada T5.....	46
Gambar 4.7 Temperatur Pada T6	47
Gambar 4.8 Temperatur Pada T7	48
Gambar 4.9 Temperatur Pada T8	49
Gambar 4.10 Temperatur Pada T9	50
Gambar 4.11 Temperatur Pada T10	51
Gambar 4.12 Kelembaban Relatif.....	53
Gambar 4.13 Temperatur Pada T1	54
Gambar 4.14 Temperatur Pada T2	55
Gambar 4.15 Temperatur Pada T3.....	56
Gambar 4.16 Temperatur Pada T4	57
Gambar 4.17 Temperatur Pada T5.....	58

Gambar 4.18 Temperatur Pada T6	59
Gambar 4.19 Temperatur Pada T7	60
Gambar 4.20 Temperatur Pada T8	61
Gambar 4.21 Temperatur Pada T9	62
Gambar 4.22 Temperatur Pada T10	63
Gambar 4.23 Kelembaban Relatif	65
Gambar 4.24 Hasil Energi yang tersimpan didalam ruangan	82
Gambar 4.25 Hasil Perhitungan kecepatan standar pada ruangan	88
Gambar 4.26 Hasil Energi yang tersimpan didalam ruangan	103
Gambar 4.27 Grafik perbandingan nilai panas yang tersimpan antara penggunaan exhaust fan dengan perluasan ventilasi (alami) warna dinding abu-abu	104
Gambar 4.28 Hasil Perhitungan kecepatan standar pada ruangan	107

DAFTAR FOTO

Foto 3.1 <i>Interface</i> dan <i>Thermocouple</i>	32
Foto 3.2 <i>Hygrometer</i>	33
Foto 3.3 Anemometer.....	33
Foto 3.4 <i>Lux meter</i>	35
Foto 3.4 <i>Exhaust Fan</i>	36
Foto 3.6 Model rumah yang akan diuji	37
Foto 3.7 Bangunan model rumah uji warna (a) polos (b) putih (c) abu-abu dan (d) kuning.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persamaan empiris <i>nusselt number</i> konveksi.....	12
Tabel 2.2 Koefisien perpindahan kalor konveksi secara paksa.....	14
Tabel 4.1 Temperatur T1.....	42
Tabel 4.2 Temperatur T2.....	43
Tabel 4.3 Temperatur T3.....	44
Tabel 4.4 Temperatur T4.....	45
Tabel 4.5 Temperatur T5.....	46
Tabel 4.6 Temperatur T6.....	47
Tabel 4.7 Temperatur T7.....	48
Tabel 4.8 Temperatur T8.....	49
Tabel 4.9 Temperatur T9.....	50
Tabel 4.10 Temperatur T10.....	51
Tabel 4.11 Kelembaban Relatif Ruangan	52
Tabel 4.12 Temperatur T1.....	54
Tabel 4.13 Temperatur T1.....	55
Tabel 4.14 Temperatur T1.....	56
Tabel 4.15 Temperatur T1.....	57
Tabel 4.16 Temperatur T1.....	58
Tabel 4.17 Temperatur T1.....	59
Tabel 4.18 Temperatur T1.....	60
Tabel 4.19 Temperatur T1.....	61
Tabel 4.20 Temperatur T1.....	62
Tabel 4.21 Temperatur T1.....	63
Tabel 4.22 Kelembaban Relatif Ruangan	64
Tabel 4.23 Data pengujian pukul 10.00 menggunakan <i>Exhaust Fan</i>	58
Tabel 4.24 Hasil perhitungan konveksi dinding 2	69
Tabel 4.25 Hasil perhitungan konveksi dinding 3	69
Tabel 4.26 Hasil perhitungan konveksi dinding 4	69
Tabel 4.27 Hasil perhitungan untuk dinding dengan warna cat putih.....	72

Tabel 4.28 Hasil perhitungan untuk dinding dengan warna cat abu-abu.....	73
Tabel 4.29 Hasil perhitungan untuk dinding dengan warna cat kuning.....	74
Tabel 4.30 Hasil Energi yang tersimpan didalam ruangan	82
Tabel 4.31 Hasil Perhitungan kecepatan udara standar pada ruangan	88
Tabel 4.32 Data pengujian pukul 10.00 kondisi alami	89
Tabel 4.33 Hasil perhitungan konveksi dinding 2	93
Tabel 4.34 Hasil perhitungan konveksi dinding 3	93
Tabel 4.35 Hasil perhitungan konveksi dinding 4	93
Tabel 4.36 Hasil perhitungan untuk dinding dengan warna cat putih.....	96
Tabel 4.37 Hasil perhitungan untuk dinding dengan warna cat abu-abu.....	97
Tabel 4.38 Hasil perhitungan untuk dinding dengan warna cat kuning.....	98
Tabel 4.39 Hasil perhitungan nilai panas keluar konveksi alami warna cat Putih	100
Tabel 4.40 Hasil perhitungan nilai panas keluar konveksi alami warna cat Abu-abu	101
Tabel 4.41 Hasil perhitungan nilai panas keluar konveksi alami warna cat kuning.....	101
Tabel 4.42 Hasil Energi yang tersimpan didalam ruangan	102
Tabel 4.43 Tabel perbandingan energy yang tersimpan	104
Tabel 4.44 Hasil Perhitungan kecepatan udara standar pada ruangan	107
Tabel 4.45 Hasil Kecepatan udara terukur	108