

**TUGAS SARJANA
BIDANG KONVERSI ENERGI**

**SIMULASI *NATURAL VENTILATION* PADA BANGUNAN RUMAH
TIPE 36 DENGAN MENGGUNAKAN CFD**



Diajukan sebagai Syarat Memperoleh Gelar Kesarjanaan Strata Satu (S-1)
Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Disusun oleh:

FINDRA AGUSTIAN ARDHI

L2E 307 019

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2010**

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Nama : Findra Agustian Ardhi
NIM : L2E 307 019

Dosen Pembimbing : Dr.Ir.Dipl Ing Berkah Fajar TK

Jangka Waktu : 8 (delapan) bulan

Judul : SIMULASI *NATURAL VENTILATION* PADA BANGUNAN
RUMAH TIPE 36 DENGAN MENGGUNAKAN CFD

Isi Tugas : 1. Mensimulasikan Aliran Udara Pada Bentuk Bangunan
Rumah
2. Menghitung nilai ACH
3. Menentukan Distribusi Aliran Udara

Semarang, Juni 2010

Dosen Pembimbing

Dr.Ir.Dipl Ing. Berkah Fajar, TK

NIP : 195907221987031003

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir dengan judul **“SIMULASI NATURAL VENTILATION PADA BANGUNAN RUMAH TIPE 36 DENGAN MENGGUNAKAN CFD”**

yang disusun oleh :

Nama : Findra Agustian Ardhi

NIM : L2E 307 019

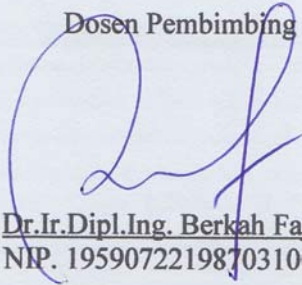
Jurusan : Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang

Telah disetujui dan disahkan pada :

Hari :

Tanggal : Juni 2010

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Dipl. Ing. Berkah Fajar, TK
NIP. 195907221987031003

Mengetahui,
Koordinator Tugas Sarjana,



Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT.
NIP. 197104211999031003

Mengetahui,
Pembantu dekan I



Ir. Bambang Pudjianto, MT
NIP. 195212051985031001

ABSTRAK

Tipe rumah tropis pada umumnya adalah memiliki bukaan cukup untuk menghasilkan debit ventilasi untuk mencapai tingkat kenyamanan dan kesehatan ruang. Penelitian ini adalah dalam rangka untuk menganalisa sistem penghawaan alami pada sebuah tipe rumah tropis yaitu tipe 36 yang berada di daerah atas Kota Semarang. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai pergantian udara tiap jam atau *air change per hour* pada tipe rumah tersebut, dan juga untuk mengetahui pola pergerakan udara alami yang terjadi di dalam ruangan.

Metode numerik yang di pakai dalam penelitian ini adalah simulasi numerik dengan program Fluent 6.3.26. Pada program ini formula yang digunakan didasarkan pada persamaan persamaan umum tentang aliran (Kontinuitas, Momentum, dll).

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem penghawaan alami pada siang hari dapat berlangsung dengan baik dengan melakukan beberapa variasi bukaan inlet yang dilakukan, sedangkan untuk sistem penghawaan alami pada malam hari perlu dilakukan beberapa modifikasi pada bukaan ventilasi sehingga dapat mencapai hasil yang di inginkan. Dan pada sistem ventilasi cerobong atau *stack effect* dapat bekerja dengan baik ketika kecepatan angin sangat rendah atau bahkan $v=0$ m/s.

Kata kunci : ventilasi alami, simulasi numerik, pergantian udara tiap jam

ABSTRACT

Tropical house of type in general is having openings sufficient to produce flow ventilation to achieve the level of comfort and health space. This research is in order to analyze the natural system ventilation house on a tropical type of type 36 in the area of Semarang. The purpose of this study was to determine the value of air change per hour or a change of water per hour on the house type, and also to determine the pattern of air movement that occurs naturally in the room.

Numerical methods in use in this study is a numerical simulation with Fluent 6.3.26 software. In this program the formula used is based on the equation of the general equation of flow (continuity, momentum, etc.).

The results of this study indicate that natural ventilation system during the day can be run well by doing some variation of the inlet openings are made, whereas for natural systems ventilation at night to do some modifications to the ventilation openings in order to achieve the desired results. Ventilation system and the chimney or stack effect can work well when the wind speed is very low or even $v = 0 \text{ m / s}$.

Key words: natural ventilation, numerical simulation, air changes per hour

PERSEMBAHAN

- *Hanya kepada Engkaulah kami menyembah dan hanya kepada Engkau jualah kami meminta pertolongan.*(Q.S. Al Fatihah 5).
- Kedua Orangtua, kakak, adik, beserta keluarga besar.
- Almamater Universitas Diponegoro.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah S.W.T, karena berkat rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan judul “SIMULASI *NATURAL VENTILATION* PADA BANGUNAN RUMAH TIPE 36 DENGAN MENGGUNAKAN CFD. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi pada program strata satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih atas bimbingan, bantuan, serta dukungan kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Dipl. Ing Berkah Fajar TK, selaku Dosen Pembimbing dan Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
2. Bapak Dr.Msk Tony Suryo,ST.MT, selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
3. Bapak Didik Aribowo, ST atas bimbingan dan arahnya.
4. Ayah dan ibunda tercinta, serta keluarga besar atas dorongan spirit dan materi yang telah diberikan kepada saya.
5. Teman-teman Mahasiswa Ekstensi Teknik Mesin angkatan 2007 yang telah banyak membantu dalam penulisan laporan ini.
6. Serta seluruh pihak yang telah membantu penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis menyadari banyak kekurangan. Oleh karena itu segala kritik yang bersifat membangun akan diterima dengan senang hati untuk kemajuan bersama. Akhir kata penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat kepada siapa saja yang membutuhkan data maupun referensi yang ada dalam laporan ini.

Terima kasih.

Semarang, Juni 2010

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN TUGAS SARJANA	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
NOMENKLATUR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Metode Penyelesaian Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	6
2.1 Ventilasi Alami	6
2.1.1 Kenyamanan Thermal dan Ventilasi	7
2.1.2 Ventilasi dan Pergerakan udara alami.....	7
2.1.3 Pergantian Udara per jam (ACH).....	7
2.2 Fungsi Ventilasi.....	8
2.3 Aspek Perancangan	11
2.4 Prinsip Ventilasi Alami.....	13
2.5 Perbedaan Tekanan pada <i>stack effect</i>	16
BAB III DASAR METODE KOMPUTASI FLUENT.....	17

3.1	<i>Computational Fluid Dynamic (CFD)</i>	17
3.2	<i>Fluent</i>	17
3.3	Skema Numerik.....	20
3.3.1	Metode Solusi <i>Segregated</i>	20
3.3.2	Metode Solusi <i>Coupled</i>	22
3.4	Diskretisasi.....	23
3.4.1	<i>First-order Upwind</i>	23
3.4.2	<i>Second-order Upwind</i>	24
3.4.3	<i>Power-law</i>	24
3.4.4	Bentuk Linear Persamaan Diskret.....	24
3.4.5	<i>Under-relaxation Factor</i>	24
3.5	Model Turbulen (Turbulence Models).....	25
3.5.1	Permodelan <i>k-epsilon (k-ε)</i>	25
3.5.1.1	<i>Standard</i>	25
3.5.1.2	<i>RNG</i>	25
3.5.1.3	<i>Realizable</i>	26
3.5.2	Pemodelan <i>k-omega (k-ω)</i>	26
3.5.2.1	<i>Standard</i>	26
3.5.2.2	<i>SST</i>	27
3.5.3	Model Turbulensi di Dekat Dinding (<i>Near Wall Treatment</i>)...	27
3.6	Jenis <i>Grid</i>	28
3.7	Kualitas Mesh	29
3.7.1	Kerapatan Nodal.....	29
3.7.2	Bentuk <i>Cel</i>	30
BAB IV PERHITUNGAN ACH YANG DIBUTUHKAN.....		31
4.1	Objek Penelitian.....	31
4.2	Pengambilan Data Kecepatan Angin	31
4.3	Perhitungan ACH yang Dibutuhkan	32

BAB V	SIMULASI PEMODELAN PADA FLUENT	35
5.1	Model Benda	35
5.2	Proses Simulasi	35
5.3	Simulasi Model Perumahan Tipe 36	38
5.3.1	Model Komputasi.....	38
5.3.2	Penggenerasian <i>Mesh</i>	39
5.3.3	Simulasi Kasus	40
5.3.3.1	<i>Viscous Models</i>	40
5.3.3.2	<i>Volumetric Flow Rate</i>	40
5.3.3.3	Kondisi batas	40
5.3.4	Langkah-langkah Pengerjaan	40
5.3.5	Keterangan Pengerjaan Simulasi Model Perumahan Tipe 36..	43
5.3.5.1	Sifat Fluida (<i>Fluid Property</i>).....	44
5.3.5.2	Pembuatan <i>Grid</i>	44
5.3.5.3	Simulasi Opsi.....	46
5.3.5.4	Simulasi Model Turbulensi	46
5.3.5.5	Simulasi <i>Control Solution</i>	47
5.3.5.6	Simulasi <i>Grid</i>	48
5.3.5.7	Proses Adapsi	49
BAB VI	HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN.....	51
6.1	Hasil Simulasi	51
6.2	Modifikasi Rumah Tipe 36 dengan <i>Cross Ventilation</i>	53
6.3	Hasil Simulasi Modifikasi.....	54
6.4	Distribusi Kecepatan Udara pada tiap-tiap Ruangan	57
6.5	Perbandingan Hasil Simulasi dengan Syarat Standar pada SK-SNI.....	58
6.6	Pengaruh Area Bukaannya terhadap Nilai <i>Air Change per Hour</i>	59
6.6.1	Sebelum Modifikasi	59
6.6.2	Sesudah Modifikasi.....	60
6.7	Pola Distribusi Kecepatan Udara pada Ruangan	61
6.7.1	Sebelum Modifikasi	61
6.7.2	Setelah Modifikasi	62

6.8	Modifikasi dengan <i>Stack Effect</i>	63
6.8.1	Perbedaan Tekanan pada <i>Stack Effect</i>	63
6.8.2	<i>Volumetric Flow Rate</i> pada <i>Stack Effect</i>	65
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....		67
7.1	Kesimpulan	67
7.2	Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Kecepatan Angin pada Tanggal 9 November 2009.....	31
Tabel 4.2 Hasil pengukuran kecepatan angin pada malam hari.....	32
Tabel 6.1 Hasil Perhitungan <i>Air Change per Hour</i> pada Variasi Bukaannya	52
Tabel 6.2 Perbandingan nilai <i>Air Change per</i> yang dibutuhkan dengan Perhitungan Simulasi	52
Tabel 6.3 Distribusi Kecepatan Udara Sebelum dan Sesudah Modifikasi.....	57
Tabel 6.4 Perbandingan Hasil Simulasi dengan Syarat pada SK-SNI	59
Tabel 6.5 Prosentase Area Bukaannya Terhadap Area Lantai	60
Tabel 6.6 Prosentase Area Bukaannya Terhadap Area Lantai	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Alur Diagram Struktur Program Dasar	4
Gambar 2.1	<i>Cross ventilation</i>	14
Gambar 2.2	<i>Stack ventilation</i>	14
Gambar 2.3	Pergerakan Udara pada <i>stack effect</i>	15
Gambar 3.1	Diagram Alir Prosedur Simulasi FLUENT.....	19
Gambar 3.2	Skema metode solusi <i>Segregated</i>	21
Gambar 3.3	Skema metode solusi <i>Coupled</i>	22
Gambar 3.4	Volume atur digunakan sebagai ilustrasi diskretisasi persamaan <i>transport</i> skalar	23
Gambar 3.5	Tipe Sel 2D	28
Gambar 3.6	Tipe Sel 3D	28
Gambar 3.7	Bagian – bagian <i>Cell</i>	29
Gambar 3.8	Jenis <i>mesh</i> dan penggunaannya.....	30
Gambar 4.1	Diagram Alir Perhitungan <i>Air Change per Hour</i> yang dibutuhkan.....	33
Gambar 5.1	Gambar Model Perumahan Tipe 36	35
Gambar 5.2	Gambar Proses simulasi CFD	36
Gambar 5.3	Gambar Diagram alir 1.....	37
Gambar 5.4	Gambar Diagram alir 2.....	38
Gambar 5.5	Hasil penggenerasian <i>mesh</i>	39
Gambar 5.6	Panel Pemodelan Aliran.....	42
Gambar 5.7	Panel solusi kendali sebagai variabel simulasi (opsi)	43
Gambar 5.8	Spesifikasi Model Perumahan tipe 36.....	44
Gambar 5.9	Grid kubus tersruktur untuk <i>mesh</i>	45
Gambar 5.10	Grafik Konvergensi Model Perumahan Tipe 36	47
Gambar 5.11	<i>Display</i> grid dinding Model Perumahan Tipe 36.....	48
Gambar 6.1	Modifikasi rumah tipe 36 dengan <i>Cross Ventilation</i>	53
Gambar 6.2	Grafik Perbandingan Nilai <i>Air Change per Hour</i>	55
Gambar 6.3	Grafik perbandingan ACH pada kondisi malam.....	56
Gambar 6.4	Sampel Pengambilan Data untuk Distribusi Kecepatan Udara.....	58

Gambar 6.5	Pola Distribusi Udara Sebelum Modifikasi.....	61
Gambar 6.6	Pola Distribusi Udara Setelah Modifikasi.....	62
Gambar 6.7	Modifikasi dengan menggunakan <i>Stack Effect</i>	63
Gambar 6.8	<i>Display Pathlines Velocity Magnitude</i>	64
Gambar 6.9	Pola Distribusi Kecepatan Udara pada <i>Stack Effect</i>	65

NOMENKLATUR

Lambang	Nama	Satuan
R_{s0}	= resistensi kalor dari permukaan dinding luar	$[m^2 \text{ jam } ^0 C / k \text{ cal}]$
R_{s1}	= resistensi kalor dari permukaan dinding dalam	$[m^2 \text{ jam } ^0 C / k \text{ cal}]$
K	= koefisien transmisi kalor	$[k \text{ cal } /m^2 \text{ jam } ^0 C]$
Q	= beban kalor	$[k \text{ cal } /\text{jam}]$
ΔT_e	= selisih temperatur ekuivalen dari radiasi matahari	$[^0 C]$
A	= luas permukaan	$[m^2]$
V	= volume ruangan	$[m^3]$
\dot{V}	= <i>volimetric flow rate</i>	$[m^3/s]$
N	= <i>air change per hour</i>	$[-]$
v	= kecepatan udara	$[m/s]$
g	= percepatan gravitasi	$[m/s^2]$
t_0	= temperatur udara luar sesaat	$[^0 C]$
Δt	= perubahan temperatur harian	$[^0 C]$
ψ	= kedudukan garis lintang	$[-]$
δ	= deklinasi matahari	$[-]$
h	= ketinggian matahari	$[^0]$
μ	= viskositas fluida	$[kg/m-s]$
p	= tekanan	$[Pa]$
ρ	= massa jenis udara	$[kg/m^3]$
C_p	= panas jenis udara	$[kJ/kg^0K]$
Re	= bilangan Reynolds	$[-]$
h_{npl}	= tinggi <i>neutral pressure level</i>	$[m]$
t_o	= temperatur dalam ruangan	$[^0 C]$
t_o	= temperatur dalam ruangan	$[^0 C]$
t_i	= temperatur luar ruangan	$[^0 C]$

