

**TUGAS AKHIR**

**STUDI PERFORMA PENDINGINAN EVAPORASI DENGAN  
MEMPERTIMBANGKAN EFEK UDARA MENYILANG PADA  
RUMAH TINGGAL DENGAN METODE *COMPUTATIONAL  
FLUIDS DYNAMICS* (CFD)**



Tugas Akhir ini Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar  
Sarjana S-1 Pada Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

**Disusun :**

**Agung Ismardono**

**NIM : D 200 120 063**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2016**

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul: **“STUDI PERFORMA PENDINGINAN EVAPORASI DENGAN MEMPERTIMBANGKAN EFEK UDARA MENYILANG PADA RUMAH TINGGAL DENGAN METODE COMPUTATIONAL FLUIDS DYNAMICS (CFD)”** yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, Desember 2016

Yang menyatakan



**Agung Ismardono**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul **“STUDI PERFORMA PENDINGINAN EVAPORASI DENGAN MEMPERTIMBANGKAN EFEK UDARA MENYILANG PADA RUMAH TINGGAL DENGAN METODE COMPUTATIONAL FLUIDS DYNAMICS (CFD)”**, Telah disetujui oleh Pembimbing dan diterima untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Agung Ismardono

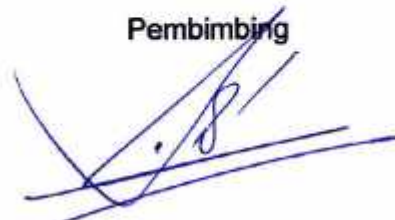
NIM : D.200.120.063

Disetujui pada :

Hari : SENIN

Tanggal : 19 Desember 2016

Pembimbing



Ir. Sarjito, MT., Ph.D.

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul berjudul **“STUDI PERFORMA PENDINGINAN EVAPORASI DENGAN MEMPERTIMBANGKAN EFEK UDARA MENYILANG PADA RUMAH TINGGAL DENGAN METODE COMPUTATIONAL FLUIDS DYNAMICS (CFD)”**, telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Agung Ismardono

NIM : D.200.120.063

Disahkan pada

Hari :

Tanggal :

Tim Penguji :

Ketua : Ir. Sarjito, MT., Ph.D.

Anggota 1 : Ir. Sunardi Wiyono, MT.

Anggota 2 : Ir. Subroto, MT.




Dekan

Ketua Jurusan



Ir. Sunarjono, MT., Ph.D.



Tri Widodo B. R., ST., MSc., Ph.D.



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN

Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos 1 Surakarta 57102 Telp. (0271) 717417 Ext. 212, 213, 225, 253 Fax. 620271, 715448, 73026.  
E-mail : ft-ums@ums.ac.id Website : <http://www.ums.ac.id>

Nomor : 241/A.3-II/TM/TA/II/2016.

17 Februari 2016.

Lampiran :

H a l : Permintaan Soal dan  
Bimbingan Tugas Akhir ( TA )

Kepada Yth.

1. Dr. Sarjito.
2. Sartono Putro, Ir, MT.

Dosen Jurusan Teknik Mesin – UMS  
di – Surakarta.

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Ba'da salam dan bahagia, guna melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar kesarjanaan Strata – 1 bidang Teknologi Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, maka dengan ini kami sampaikan permohonan untuk memberikan soal dan bimbingan Tugas Akhir kepada mahasiswa :

Nama : Agung Ismardono  
Nomor Induk : D 200 120 063  
Alamat Rumah : -  
Topik TA : *STUDI PERFORMA PENDINGINAN EVAPORASI DENGAN  
MEMPERTIMBANGKAN EFEK UDARA MENYILANG PADA  
RUMAH TINGGAL DENGAN METODE COMPUTATIONAL  
FLUIDS DINAMICS (CFD)*

Kemudian atas perhatian dan kerjasama diucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Ketua Jurusan

Tri Widodo Besar Riyadi, ST, MSc, Ph.D.

## **MOTTO**

“Bersabarlah kamu dan kuatkanlah kesabaranmu dan tetaplah bersiap siaga (diperbatasan negerimu) dan bertakwalah kepada Allah, supaya kamu beruntung”

(Q.S Al-Imran:200)

“Ingatlah, sesungguhnya pertolongan Allah itu amat dekat”

(Q.S Al-Baqoroh: 214)

“Kekuatan Doa akan membantu usahamu mewujudkan impian dan harapanmu”

(Agung Ismardono)

## PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah, hamba haturkan atas rahmat, karunia dan keridhaan Allah SWT yang menggenggam dan penguasa seluruh jiwa ini. Berkat keridhaan-Nya karya sederhana ini dapat terselesaikan dengan baik. Dengan rasa syukur karya ini penulis persembahkan untuk:

- ❖ Ibu dan bapak yang telah mendidik serta mengasuh dengan penuh kasih sayang, terimakasih atas segala yang telah diberikan. Semoga kedepannya saya mampu menjadi manusia yang bermanfaat dan dapat mewujudkan harapan kalian.
- ❖ Kakak yang penulis banggakan, terima kasih atas doa, dukungan, motivasi, dan semangatnya.
- ❖ Sahabat dan teman perjuangan dalam penelitian ini, terima kasih atas *support* serta kerja samanya selama penelitian.
- ❖ Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2012, serta teman-teman lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas kebersamaan, bantuan, dan dukungannya selama menempuh masa studi. Sehingga penulis bisa sampai pada titik ini.
- ❖ Keluarga Mahasiswa Teknik Mesin (KMTM), LPM CAMPUS, sebagai tempat bagi penulis menimba pengalaman selama masa perkuliahan.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya sehingga penyusunan laporan penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

Adapun Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan Sidang Sarjana S-1 pada jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, dengan segala kerendahan hati dan penuh keikhlasan, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D., sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Tri Widodo Besar Riyadi, ST., Msc., Ph.D, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Bapak Ir. Sarjito, MT., Ph.D Selaku pembimbing yang telah memberikan pengarahan, bimbingan dan saran hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
4. Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberi ilmu pengetahuan kepada penulis selama mengikuti kegiatan kuliah.



Akhir kata, penulis mohon maaf atas kekurangan dan kesalahan dalam penulisan Tugas Akhir ini, yang disebabkan adanya keterbatasan-keterbatasan antara lain waktu, dana, literature yang ada, dan pengetahuan yang penulis miliki. Harapan penulis semoga kekurangan tersebut dapat terpenuhi pada penulis selanjutnya.

Tugas Akhir ini semoga dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan pihak lain pada umumnya, Aamiin Ya Rabbal'alamiin.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Surakarta, Desember 2016



Penulis

## **ABSTRAKSI**

Kriteria penting suksesnya rancangan suatu bangunan adalah memiliki kondisi interior yang baik, biaya perawatan murah, dan nyaman. Kenyamanan suatu bangunan didapatkan apabila kualitas udara didalam ruangan ideal. Salah satu cara yang bisa dilakukan untuk memperoleh udara ideal yaitu dengan memasukkan udara luar ke dalam bangunan menggunakan wind catcher atau menara angin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa dari wind catcher terhadap rumah tinggal dan mengetahui efek dari perubahan arah angin.

Penelitian ini dilakukan dengan dua tahap. Tahap pertama yaitu melakukan simulasi CFD untuk mengetahui performa wind catcher pada rumah tinggal sebagai pengganti ventilasi vertikal. Tahap kedua yaitu wind catcher tersebut disimulasikan kembali dengan variasi sudut arah angin yang berbeda yaitu  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $150^\circ$  dan  $180^\circ$ . Dimana dalam penelitian ini kecepatan angin yang digunakan 1,4m/s. Karena bentuk benda kompleks maka digunakan unstructured mesh dan menghasilkan 28475376 elemen.

Hasil penelitian menunjukkan rumah tinggal menggunakan menara angin dengan simulasi CFD mampu memberikan efek nyaman kepada para penghuni didalamnya. Sedangkan sudut arah angin terbaik dengan kecepatan yang paling tinggi yaitu  $0^\circ$  sebesar 0,240 m/s, temperatur paling rendah didapatkan pada arah angin  $90^\circ$  yaitu sebesar  $29,108^\circ\text{C}$  dan kelembapan paling rendah adalah pada arah angin  $150^\circ$  yaitu sebesar 79,6%.

**Kata kunci : *Crosswind, Wind Catcher, CFD (computational fluids dynamics).***

## **Abstract**

The most important criteria of the successful building project is having a good interior condition, low treatment cost, and pleasant. The comfortable of a building gained if there is an ideal air quality inside the room. One of several ways that can be done to get an ideal air that is by importing the air from the outside into the room by using wind catcher against home stay and knowing the effect from the changing of the wind.

This research conducted by using two steps. The first steps is doing CFD simulation to know the performance of wind catcher against home stay as the replacement of vertical ventilation. The second steps is that wind catcher has simulated back with different variation of wind direction, those are  $0^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $120^{\circ}$ ,  $150^{\circ}$  and  $180^{\circ}$ . Where in this research, speed of the wind which is used is 1,4m/s. Because of the shape of the object is complex, hence, unstructured mesh is used and produced 28475376 element.

The result showed that home stay which is use wind tower by simulating CFD able to give effect of comfort to the inhabitants inside the room. While the best wind direction with the highest speed is  $0^{\circ}$  as much as 0,240m/s, the lowest temperature gained on wind direction  $90^{\circ}$  that is  $29,108^{\circ}\text{C}$  and the lowest damp of wind direction is  $150^{\circ}$  as much as 79,6%.

**Key words: Crosswind, Wind Catcher, CFD (computational fluids dynamics).**

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Pernyataan Keaslian Skripsi .....	ii
Halaman Persetujuan .....	iii
Halaman Pengesahan .....	iv
Lembar Soal Tugas Akhir .....	v
Lembar Motto.....	vi
Persembahan .....	vii
Kata pengantar .....	viii
Abstrak .....	x
Daftar Isi .....	xii
Daftar Gambar .....	xv
Daftar Tabel .....	xvii
Daftar Simbol .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1.Latar Belakang ...	1
1.2.Perumusan masalah .....	3
1.3.Batasan Masalah .....	4
1.4.Tujuan Penelitian .....	4
1.5.Manfaat Penelitan .....	5
1.6.Sistematika Penulisan.....	5

## BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 .Tinjauan Pustaka .....	7
2.2 .Landasan Teori .....	11
2.2.1 <i>Wind Catcher</i> .....	11
2.2.2 <i>Computational Fluid Dynamic</i> .....	12
2.2.3. Aliran Fluida dan Karakteristik Angin .....	15
2.2.4. Pendinginan Evaporasi .....	26
2.2.5. Psikometrik .....	29
2.2.6. Comfort Zone .....	33

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian .....	36
3.2. Tahapan Simulasi.....	38
3.2.1. Pre-proceshing.....	38
3.2.2. Boundary Condition .....	42
3.2.3. Solution .....	45
3.2.4. Result.....	46

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil simulasi dan Pembahasan .....	47
4.2. Diagram Psikometrik dan comfort Zone .....	51
4.2.1. Diagram Psikometrik .....	51
4.2.2. Comfort Zone. ....	52
4.3. Studi Variasi Arah Angin .....	53

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan .....	61
5.2. Saran .....	62

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Jenis-jenis Aliran Fluida.....	16
<b>Gambar 2.2</b> Berbagai Jenis Aliran .....	17
<b>Gambar 2.3</b> Lapisan Batas Disepanjang Plat Datar .....	20
<b>Gambar 2.4</b> Separasi Aliran yang Terjadi pada Silinder .....	21
<b>Gambar 2.5</b> Aliran Angin yang Terpengaruh Kontur.....	23
<b>Gambar 2.6</b> Profil Angin Akibat Kekasaran Permukaan .....	25
<b>Gambar 2.7</b> Pengaruh Topografi terhadap Kecepatan Angin.....	25
<b>Gambar 2.8</b> <i>Psychometric chart SI unit</i> .....	30
<b>Gambar 2.9</b> Daerah Nyaman (Comfort Zone) .....	34
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian .....	36
<b>Gambar 3.2</b> Potongan Rumah Ronim Azizah, Qomarun .....	39
<b>Gambar 3.3</b> Tipe <i>wind catcher</i> dengan <i>Baffle</i> Abdullah.....	40
<b>Gambar 3.4</b> Rumah Ronim dengan <i>wind catcher</i> .....	40
<b>Gambar 3.5</b> <i>Domain</i> .....	41
<b>Gambar 3.6</b> <i>Hasil Mesh</i> .....	42
<b>Gambar 3.7</b> <i>Letak Kondisi Batas</i> .....	43
<b>Gambar 3.8</b> Expression .....	43
<b>Gambar 3.9</b> <i>particle injection detail</i> .....	44
<b>Gambar 3.10</b> Setting Solver .....	45
<b>Gambar 3.11</b> Proses Running.....	45

<b>Gambar 3.11</b> Contoh plot kontur temperatur .....	46
<b>Gambar 4.1</b> Posisi pengukuran Ronim Azizah, Qomarun .....	47
<b>Gambar 4.2</b> Hubungan Posisi Ukur terhadap kecepatan.....	48
<b>Gambar 4.3</b> Hubungan Posisi Ukur terhadap kelembaban.....	49
<b>Gambar 4.4</b> Hubungan Posisi Ukur terhadap temperatur.....	50
<b>Gambar 4.5</b> diagram psikometrik proses pendinginan evaporasi.....	51
<b>Gambar 4.6</b> diagram daerah nyaman ( <i>comfort zone</i> ).. ..	52
<b>Gambar 4.7</b> variasi arah angin .....	54
<b>Gambar 4.8</b> Hubungan PU terhadap kecepatan dengan variasi arah angin.....	55
<b>Gambar 4.9</b> Perbandingan kecepatan rata-rata didalam ruangan.....	56
<b>Gambar 4.10</b> Hubungan PU terhadap temperatur dengan variasi arah angin.....	56
<b>Gambar 4.11</b> Perbandingan temperatur rata-rata didalam ruangan..	57
<b>Gambar 4.12</b> Hubungan PU terhadap kelembaban dengan variasi arah angin.....	58
<b>Gambar 4.13</b> Perbandingan kelembaban rata-rata didalam ruangan	59
<b>Gambar 4.14</b> Pengaruh variasi sudut terhadap mass flow rate.....	59



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Harga Alpha.....	24
<b>Tabel 3.1</b> <i>Boundary Condition</i> .....	42

## DAFTAR SIMBOL

$R_e$	: Bilangan reynold
$V$	: Kecepatan (m/s)
$D$	: Diameter dalam pipa(m)
	: mass flow rate (kg/s)
	: Densitas udara ( $\text{kg/m}^3$ )
$\mu$	: viskositas dinamik fluida (kg/m.s)
$V_y$	: kecepatan angin pada ketinggian y (m/s)
$V_{rev}$	: kecepatan angin pada ketinggian yang sudah diketahui (m/s)
$y$	: Tinggi (m)
$H_{ref}$	: Ketinggian yang sudah diketahui (m)
	: koefisien vertical wind shear
$\{$	: Relatif humadity (%)
$P(\text{H}_2\text{O})$	: tekanan parsial uap air dalam campuran
$P'(\text{H}_2\text{O})$	: tekanan uap jenuh air pada temperature tertentu dalam campuran
$W$	: <i>humidity ratio</i>
$V$	: Volume
$P_t$	: Tekanan Atmosfir
$P_a$	: tekanan parsial udara kering
$P_s$	: tekanan parsial uap air kondisi jenuh
$R_a$	: tetapan gas uap air