

**TUGAS AKHIR**

**STUDI EFEK PENDINGINAN EVAPORASI DALAM  
CEROBONG DENGAN BERBAGAI JENIS DISTRIBUSI DAN  
SUDUT PENYEMPROTAN NOZZLE MENGGUNAKAN  
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)**



Disusun oleh :

**EKO BUDI UTOMO**

**NIM : D.200.110.120**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2017**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :  
**"STUDI EFEK PENDINGINAN EVAPORASI DALAM CEROBONG  
DENGAN BERBAGAI JENIS DISTRIBUSI DAN SUDUT  
PENYEMPROTAN NOZZLE MENGGUNAKAN COMPUTATIONAL  
FLUID DYNAMIC (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 bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagai mana  
mestinya.

Surakarta, Oktober 2017

Yang menyatakan,



Eko Budi Utomo

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas akhir berjudul "**STUDI EFEK PENDINGINAN EVAPORASI DALAM CEROBONG DENGAN BERBAGAI JENIS DISTRIBUSI DAN SUDUT PENYEMPROTAN NOZZLE MENGGUNAKAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (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 : EKO BUDI UTOMO

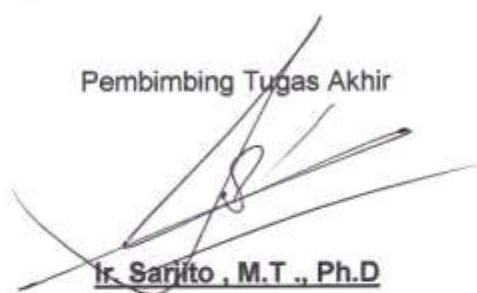
NIM : D.200.110.120

Disetujui pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 8 November 2017

Pembimbing Tugas Akhir



Ir. Sanjito, M.T., Ph.D

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir berjudul "STUDI EFEK PENDINGINAN EVAPORASI DALAM CEROBONG DENGAN BERBAGAI JENIS DISTRIBUSI DAN SUDUT PENYEMPROTAN NOZZLE MENGGUNAKAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)", telah dipertahankan dihadapan 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 : EKO BUDI UTOMO

NIM : D.200.110.120

Disahkan pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 9 Noverber 2017

Dewan penguji :

Ketua : Ir. Sarjito , M.T ., Ph.D

Anggota 1: Marwan Effendy , ST ., M.T ., Ph.D

Anggota 2: Taurista Perdana Syawitri , ST ., MSc. (.....)

Mengetahui

Dekan



Ketua Jurusan

Ir. Subroto, M.T

The image shows a blue ink signature over a circular official stamp, which is partially obscured by the signature.

## LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Berdasarkan surat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Nomor 288 / A.3-II / TM/TA/II/2015 Tanggal 17 Februari 2016

dengan ini:

Nama : Ir. Sarjito , M.T ., Ph.D

Pangkat/Jabatan : Lektor Kepala

Kedudukan : Pembimbing Utama

memberikan Soal Tugas Akhir kepada Mahasiswa:

Nama : Eko Budi Utomo

Nomor Induk : D 200 110 120

NIRM : -

Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir

Judul/Topik : *STUDI EFEK PENDINGINAN EVAPORASI DALAM  
CEROBONG DENGAN BERBAGAI JENIS DISTRIBUSI  
DAN SUDUT PENYEMPROTAN NOZZLE  
MENGUNAKAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC  
(CFD)*

Rincian Soal/Tugas :

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 17 Februari 2016

Pembimbing

  
Ir. Sarjito , M.T ., Ph.D

Keterangan :

\*coret salah satu

1. Warna biru untuk Kajur

2. Warna kuning untuk Pembimbing I

3. Warna merah untuk Pembimbing II

4. Warna putih untuk mahasiswa

## **MOTTO**

**“Satu-Satunya Kebijakan Adalah Mengetahui Bahwa  
Anda Tidak Tahu Apa-Apa “**

**(Socrates)**

**“Ilmuwan Mempelajari Dunia Seperti Apa Adanya,  
Sedangkan Insinyur Menciptakan Dunia Yang Belum Pernah  
Ada Sebelumnya”**

**(Theodore Von Karman)**

**“Dalam Hidup, Jangan Seperti Panjat Pinang Yang Mencapai  
Puncak Dengan Cara Menginjak Temanmu”**

**(Penulis)**

## **PERSEMBAHAN**

Sebagai ungkapan rasa syukur dan terimakasih, dengan kerendahan hati Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada:

1. Ayahanda Garbi dan Ibunda Suwarni selaku orang tua, Alan dan Naila selaku adik, serta nenek Khatamah dan juga keluarga yang selama ini tiada henti-hentinya selalu memberikan do'a, dukungan dan motivasi.
2. Jajang nooralam, Harjo Dwi S. dan Wisnu Mahendrata selaku sahabat karib yang selalu mendukung dan menularkan semangat untuk pantang menyerah dan terus berjuang.
3. Teman-teman organisasi Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta dan Keluarga Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta yang selama ini telah banyak membantu dalam hal pengembangan karakter diri.
4. Teman-teman mahasiswa teknik mesin angkatan 2011 yang selalu berjuang bersama dari awal hingga akhir.
5. Berbagai pihak yang telah terlibat dan banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah serta inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan benar sesuai dengan waktunya. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat yang telah banyak memberikan tuntunan dan yang kita nanti syafa'at-Nya di yaumul akhir kelak.

Penulisan tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Ir. Sri Sunarjono, M.T .,Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Ir. Subroto, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Ir. Sarjito, M.T .,Ph.D selaku dosen pembimbing yang selama ini dengan sabar membimbing, mengarahkan, dan memberi petunjuk dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Wijianto, ST ., MEng.Sc selaku Pembimbing Akademik.
5. Bapak/Ibu dosen jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis.

Semoga semua bantuan yang sudah diberikan menjadi amal soleh dan mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan, kritik dan saran yang bersifat membangun akan penulis terima dengan senang hati. Semoga tugas akhir ini bermanfaat khususnya bagi



penulis dan umumnya bagi kita semua.

**STUDI EFEK PENDINGINAN EVAPORASI DALAM CEROBONG  
DENGAN BERBAGAI JENIS DISTRIBUSI DAN SUDUT  
PENYEMPROTAN NOZZLE MENGGUNAKAN COMPUTATIONAL  
FLUID DYNAMIC (CFD)**

**Eko Budi Utomo, Sarjito**

Teknik Mesin Universitas Muhamadiyah Surakarta

Jl. A Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura

Email : [ebudiutomo@gmail.com](mailto:ebudiutomo@gmail.com)

*Abstraksi*

*Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan studi efek pendinginan dalam cerobong evaporasi dengan variasi jenis-jenis distribusi semprotan nosel yang terdapat di program ansys, variasi jenis nosel yang terdapat di pasaran terhadap performa pendinginan dalam cerobong dan variasi sudut penyemprotan nosel terhadap distribusi temperatur yang dihasilkan. Penambahan variasi RH dan temperatur udara yang masuk dalam cerobong juga didiskusikan.*

*Penelitian ini dilakukan melalui pendekatan secara komputasi menggunakan program simulasi Ansys. Ukuran cerobong berdiameter 1 meter dengan panjang cerobongnya 1.5 meter. Kondisi temperatur awal dalam cerobong 30 °C, fluida evaporasi berupa air dengan temperatur 10 °C. Kondisi batas masuk cerobong opening pressure dan kondisi batas keluar cerobong outlet pressure. Jenis distribusi semprotan yang digunakan adalah jenis rosin rammler dan discrete diameter distribution.*

*Hasil simulasi profil kecepatan, fraksi volume uap air dan lintasan tetesan butiran uap air memiliki kemiripan dengan hasil eksperimen St. George dan Buchlin (1994) dan juga hasil simulasi Gant (2006). Analisis perhitungan teoritis temperatur rata-rata keluar cerobong dilakukan dan memiliki hasil yang sama dengan hasil proses simulasi. Dari proses penelitian diperoleh hasil akhir temperatur rata-rata keluar cerobong 21.47°C untuk nosel jenis BETE PJ32 dengan jenis distribusi semprotan nosel discrete diameter distribution dan sudut penyemprotan 90°.*

**Kata kunci : pendinginan evaporasi , nosel , sudut penyemprotan.**

**STUDI EFEK PENDINGINAN EVAPORASI DALAM CEROBONG  
DENGAN BERBAGAI JENIS DISTRIBUSI DAN SUDUT  
PENYEMPROTAN NOZZLE MENGGUNAKAN COMPUTATIONAL  
FLUID DYNAMIC (CFD)**

**Eko Budi Utomo, Sarjito**

Teknik Mesin Universitas Muhamadiyah Surakarta

Jl. A Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura

Email : [ebudiutomo@gmail.com](mailto:ebudiutomo@gmail.com)

***Abstract***

*The aim of this research is to study the effect of cooling to temperature distribution in evaporative cooling chimney with variation of distribution model in ansys and cone angle of nozzle. The addition of different types of relative humidity and air inlet temperature is also discussed.*

*This research is approached by computational method using ansys simulation program. The diameter and the length of chimney are 1 metres and 1.5 metres , respectively. The initial temperature of chimney is 30 °C and the evaporating fluid is water with 10 °C. The entrance boundary condition is opening pressure and outlet pressure for boundary condition of the bottom of chimney. The types of distribution spray of ansys models are rosin rammler and discrete diameter distribution.*

*The results of velocity profile, water vapour volume fraction and droplet trajectories were identical with the experiment result by St. George and Buchlin (1996) and the research result by Gant (2006). Theoretical calculation of outlet average temperature was taken and the result was equal with computational method result. The final result of outlet average temperature was 21.47°C for nozzle BETE PJ32 with discrete diameter distribution type and 90° of cone angle.*

***Keyword : evaporative cooling , nozzle , cone angle.***

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR .....	v
HALAMAN MOTTO.....	vi
PERSEMBAHAN .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	x
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Batasan Masalah .....	5
1.4 Tujuan Penelitian .....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
1.6 Sistematika Penulisan Laporan.....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Kajian Pustaka .....	9
2.2 Landasan Teori .....	13
2.2.1 Computational Fluid Dynamic (CFD) .....	13
2.2.2 Lapisan Batas .....	16
2.2.3 Sprayer .....	17
2.2.4 Model Turbulence Pada CFD .....	19
2.2.5 Konsep Dasar Aliran Fluida .....	22
2.2.6 Pendinginan Evaporasi.....	25

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Diagram Alir Penelitian.....	30
3.2 Tahapan Penelitian .....	32
3.2.1 Pre-Processing .....	32
3.2.2 Solution .....	38
3.2.3 Result .....	38

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Verifikasi Hasil Simulasi .....	39
4.2 Hasil dan Pembahasan.....	43
4.2.1 Pengaruh Perbedaan Jenis Nosel Terhadap Performa Pendinginan.....	43
4.2.2 Studi Variasi Sudut Semprot Nosel Terhadap Performa Pendinginan.....	45
4.2.3 Studi Variasi RH Terhadap Performa Pendinginan .....	49
4.2.4 Variasi Temperatur Udara Masuk Terhadap Performa Pendinginan.....	50
4.3 Analisis Perhitungan .....	52

### **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	57
5.2 <u>Saran</u> .....	58

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gambar Lapis Batas .....	16
Gambar 3.1 Gambar Diagram Alir Penelitian.....	30
Gambar 3.2 Gambar Mesh .....	33
Gambar 3.3 Geometri Benda Kerja Cerobong dan Nosel.....	34
Gambar 3.4 Karakteristik Semporan Nosel TF6 .....	34
Gambar 3.5 Karakteristik Semprotan Nosel PJ32.....	35
Gambar 4.1 <i>Droplet Trajectories</i> .....	39
Gambar 4.2 <i>Water Vapour Volume Fraction</i> .....	41
Gambar 4.3 Profil Kecepatan udara.....	42
Gambar 4.4 Kontur Temperatur Hasil Simulasi Jenis Distribusi Rossin Rammler .....	43
Gambar 4.5 Kontur Temperatur Nosel PJ32.....	43
Gambar 4.6 Kontur Temperatur Nosel TF6 .....	44
Gambar 4.7 Kontur Temperatur Variasi Sudut Semprot Nosel PJ32 .....	46
Gambar 4.8 Grafik Temperatur Terhadap Sudut Semprot Nosel.....	48
Gambar 4.9 Grafik Temperatur Terhadap Variasi RH% .....	49
Gambar 4.10 Grafik Temperatur Terhadap Variasi Temperatur Udara Masuk. ....	50
Gambar 4.11 Sistem Aliran Massa Pada Cerobong Evaporasi (Sarjito, 2012).....	52

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jumlah Mesh.....	33
Tabel 3.2 Data Untuk Nosel PJ32 (Sarjito, 2012) .....	36
Tabel 3.3 Data Untuk Nosel TF6 (Sarjito, 2012).....	36
Tabel 4.1 Perbandingan Jenis Nosel BETE PJ32 dan TF6 .....	45
Tabel 4.2 Tabel Temperatur dan Variasi Sudut Semprot.....	48
Tabel 4.3 Tabel RH% dan Temperatur .....	49
Tabel 4.4 Tabel Variasi Temperatur Udara Masuk .....	50