

# TUGAS AKHIR

## “SIMULASI TERMODINAMIK PADA EVAPORATOR UNTUK DEHUMIDIFIKASI PADA SISTEM SPRAY DRYER”

Diajukan Guna Memenuhi Syarat Kelulusan Mata Kuliah Tugas Akhir

Pada Program Sarjana Strata Satu (S1)



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Disusun Oleh :

Nama : Rahmat Wahyudi

NIM : 41311010021

Program Studi : Teknik Mesin

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MERCU BUANA**

**JAKARTA**

**2015**

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Rahmat Wahyudi

NIM : 41311010021

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : Simulasi Termodinamik Pada Evaporator Untuk Dehumidifikasi  
Pada Sistem Spray Dryer.

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.



**LEMBAR PENGESAHAN**

**“SIMULASI TERMODINAMIK PADA EVAPORATOR  
UNTUK DEHUMIDIFIKASI PADA SISTEM SPRAY DRYER”**



**Disusun Oleh :**

Nama : Rahmat Wahyudi

NIM : 41311010021

Program Studi : Teknik Mesin

Mengetahui

Koordinator Tugas Akhir

Pembimbing



**(Imam Hidayat, ST. MT)**



**(Nanang Ruhayat, ST. MT)**

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“SIMULASI TERMODINAMIK PADA EVAPORATOR UNTUK DEHUMIDIFIKASI PADA SISTEM SPRAY DRYER”** ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Program Studi Teknik Mesin FT-UMB untuk bisa dinyatakan lulus dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik. Dengan maksud dan tujuan tersebut, maka disusunlah Tugas Akhir ini. Selain itu juga, Tugas Akhir ini merupakan salah satu bukti yang dapat diberikan kepada Almamater khususnya dan masyarakat pada umumnya untuk kehidupan sehari-hari.

Banyak pihak yang membantu dalam pembuatan dan penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, karena dengan izinnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.
2. Bapak Nanang Ruhyat, ST, MT sebagai dosen pembimbing yang telah mengarahkan dan memberi nasehat selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Chandrasa Soekardi sebagai dosen yang paling sering memberikan masukan dan saran dalam pengerjaan Tugas Akhir dan pengajaran dalam hal Termodinamika, Konversi Energi, Energi Terbarukan dan Teknik Pendingin.

4. Bapak Dr. Ir. Ing. Dr. Darwin Sebayang selaku KaProdi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
5. Ayah dan ibu tercinta yang telah memberikan doa serta dukungannya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dan laporan ini dengan lancar.
6. Sdr Mochammad Rifqi Rachmani dan Dedik Romahadi selaku teman seperjuangan dalam Tugas Akhir ini.
7. Sdri. Ririn Puji Lestari yang selalu mendoakan dan memberikan semangat selama Tugas Akhir dan membuat laporan ini.
8. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2011 yang ikut memberikan dukungan selama ini.
9. Teman-teman Risdha yang selalu mendoakan penulis agar dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan lancar.
10. Semua pihak yang namanya tidak tercantum diatas yang telah banyak membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Namun hal tersebut semata-mata bukan sesuatu yang disengaja, melainkan karena kekhilafan dan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki. Oleh karena itu, segala saran dan kritik yang bersifat membangun sangat saya harapkan, yang nantinya dapat digunakan untuk perbaikan maupun penyempurnaan selanjutnya.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Terima kasih.

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PERNYATAAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR GRAFIK.....	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiii
ABSTRAK .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Perancangan .....	4
1.5 Metode Penulisan .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5

<b>BAB II</b>	<b>LANDASAN TEORI.....</b>	<b>6</b>
	2.1 Sifat Termodinamika .....	6
	2.2 Perpindahan Kalor.....	7
	2.3 Evaporasi.....	11
	2.4 Refrigerasi .....	15
	2.5 Evaporator .....	20
	2.6 Bagan Psikometrik ( <i>Psychrometric Chart</i> ).....	26
<b>BAB III</b>	<b>METODE PERANCANGAN.....</b>	<b>33</b>
	3.1 Diagram Alir .....	33
	3.2 Proses Diagram Alir.....	34
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL PERANCANGAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>37</b>
	4.1 Perhitungan Laju Perpindahan Kalor .....	37
	4.2 Perhitungan Daya Evaporator .....	41
	4.3 Perhitungan <i>Pressure Drop</i> dan <i>Pumping Power</i> .....	42
	4.4 Perancangan Fins Evaporator.....	45
	4.5 Perancangan Evaporator.....	50
	4.6 Kesimpulan Desain dan Grafik .....	60
	4.7 Hal Yang Memungkinkan Apabila Ada Perubahan Terhadap Rancangan Tube dan Fins .....	62
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>64</b>
	5.1 Kesimpulan .....	64

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**





## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Gesekan pada Fittings, Valves, Bend dan Contraction.....	44
Tabel 4.2 Optimasi Perancangan Evaporator.....	50



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Siklus <i>Refrigerasi</i> .....	18
Gambar 2.2	Siklus <i>Refrigerasi</i> dalam Diagram P-h.....	19
Gambar 2.3	<i>Horizontal Tube Evaporator</i> .....	22
Gambar 2.4	<i>Standard vertical evaporator</i> .....	23
Gambar 2.5	<i>Forced circulation evaporator</i> dengan <i>tube horizontal</i> .....	24
Gambar 2.6	<i>Long tube vertical evaporator (LTV)</i> .....	25
Gambar 2.7	<i>Psychrometric Chart</i> .....	29
Gambar 3.1	Diagram Alir .....	33
Gambar 4.1	Skema gambar evaporator .....	38
Gambar 4.2	Koefisien perpindahan panas pada fluida.....	41
Gambar 4.3	Beda enthalpi pada evaporator .....	42
Gambar 4.4	<i>180° Bend Small Radius</i> .....	45
Gambar 4.5	<i>Circular fins</i> .....	47
Gambar 4.6	Jarak antar <i>fins</i> .....	48

Gambar 4.7 $D_{in}$ dan $D_{out}$ Tube evaporator .....	48
Gambar 4.8 Panjang <i>matrix</i> evaporator .....	48
Gambar 4.9 Rancangan ke 1 .....	51
Gambar 4.10 Rancangan ke 2 .....	52
Gambar 4.11 Rancangan ke 3 .....	53
Gambar 4.12 Rancangan ke 4 .....	54
Gambar 4.13 Rancangan ke 5 .....	55
Gambar 4.14 Rancangan ke 6 .....	56
Gambar 4.15 Rancangan ke 7 .....	57
Gambar 4.16 Rancangan ke 8 .....	58
Gambar 4.17 Rancangan ke 9 .....	59
Gambar 4.18 Rancangan ke 10 .....	60
Gambar 4.19 Jarak <i>fins</i> sesuai dengan acuan yang telah ada .....	63
Gambar 4.20 Jarak <i>fins</i> dengan perubahan rancangan .....	64

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Hubungan antara  $D_{in}$  tube terhadap Panjang tube dan Reynold

Number..... 61

Grafik 4.2 Hubungan antara Reynold Number dengan Total Pressure Drop

pada aliran Refrigeran dalam tube ..... 62

Grafik 4.3 Hubungan antara Panjang Matrix terhadap  $A_t/A_{min}$  fins dan

Total Pressure Drop udara ..... 62



## DAFTAR NOTASI

$A_t$	Luas Total	$m^2$
$A_t/A_{min}$	Luas Total per Luas minimum aliran bebas	
$C_p$	Tekanan tetap pada panas spesifik	J/kg.K
$D_h$	Diameter Hidrolik	m
$f$	Koefisien gesek	
$G$	Laju aliran massa per area fins	$kg/m^2.s$
$h$	Koefisien perpindahan panas	$W/m^2.K$
$h$	Enthalpi spesifik	J/kg
$L$	Panjang tube	m
$m$	Laju aliran massa	kg/s
$P$	Efektifitas temperatur	
$P$	Daya	J/s $\approx$ W
$Q$	Laju perpindahan panas	W
$R$	Rasio kapasitas panas	
$Re$	Reynold Number	
$T_{c1}$	Temperatur refrigeran masuk	$^{\circ}C$
$T_{c2}$	Temperatur refrigeran keluar	$^{\circ}C$
$T_{h1}$	Temperatur udara masuk	$^{\circ}C$
$T_{h1}$	Temperatur udara keluar	$^{\circ}C$
$U$	Koefisien perpindahan panas awal	$W/m^2.K$
$U_{\infty}$	Kecepatan aliran udara	m/s
$W$	Kerja evaporator	J/kg
$\Delta_p$	Pressure drop	$N/m^2 \approx Pa$
$\Delta T_{lmcf}$	Beda temperatur inlet dan outlet	$^{\circ}C$
$\Delta T_m$	Beda temperatur	$^{\circ}C$
$\rho$	Massa jenis	$kg/m^3$