

**TUGAS AKHIR**

**RANCANG BANGUN *HEAT EXCHANGER TUBE FIN* TIGA  
*PASS SHELL* SATU *PASS* UNTUK MESIN PENGERING  
EMPON-EMPON**



Disusun Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan Progam Studi Strara 1  
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

**Disusun oleh:**

**DONI SETIA BUDI**

**D200120056**

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

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :  
"Rancang Bangun *Heat Exchanger Tube Fin Tiga Pass Shell Satu Pass Untuk Mesin Pengering Empon-Empon*". Yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana strata satu pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan dari penelitian atau duplikat dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapat gelar sarjana di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 20 Februari 2017

Yang menyatakan



DONI SETIA BUDI

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul "**Rancang Bangun *Heat Exchanger Tube Fin Tiga Pass Shell Satu Pass Untuk Mesin Pengering Empon-empon***" telah disetujui oleh Pembimbing tugas akhir untuk dipertahankan didepan dewan penguji sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh

Nama : DONI SETIA BUDI

NIM : D200120056

Disetujui pada

Hari : *Senin*

Tanggal : *20 Februari 2017*

Pembimbing



Sartono Putro, Ir., MT.

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul "Rancang Bangun *Heat Exchanger Tube Fin* Tiga *Pass Shell* Satu *Pass* Untuk Mesin Pengering Empon-empon" telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana strata satu pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.


Dipersiapkan Oleh:

Nama : DONI SETIA BUDI  
NIM : D200120056

Disahkan pada

Hari : *Jenin*  
Tanggal : *20 Februari 2017*

Dewan Penguji :

Ketua : Sartono Putro, Ir., MT. 

Anggota 1 : Subroto, Ir., MT. 

Anggota 2 : Wijianto ST., M.Eng. Sc. 



Dekan,

Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D.

Ketua Jurusan,

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

## MOTTO

“Jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu. Dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat, kecuali bagi orang-orang yang khusyu.”

(Q.S Al Baqarah:45)

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai dari sesuatu urusan, kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain. Dan hanya pada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap”

(Q.S. Al Insyiroh: 6-8)

“ Tidak ada kata tidak bisa!, yang ada hanyalah tadi tidak bisa”

“Berusahalah sekuat yang kau bisa, hasil akhir serahkanlah sama Allah SWT”

“Tanpa mengalami kegagalan kita tidak akan mendapatkan keberhasilan yang sesungguhnya”

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan rasa hati senang karya sederhana ini dapat terselesaikan yang kupersembahkan kepada :

1. Kedua orangtua yang selalu memberi semangat dan mendoakanku.
2. Mbak Mega yang telah meminjamkan printer.
3. Faruq, Dona dan Saka selaku satu kelompok yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bp. Widodo yang telah membantu membuat *Heat exchanger*
5. Seluruh teman-teman teknik mesin yang selalu menemani dalam bangku perkuliahan

Semoga tugas akhir ini membawa manfaat, saya selaku penulis hanya bisa mengucapkan terima kasih.

## ABSTRAKSI

### **RANCANG BANGUN *HEAT EXCHANGER TUBE FIN* TIGA PASS *SHELL* SATU PASS UNTUK MESIN PENGERING EMPON-EMPON**

Doni Setia Budi, Sartono Putro  
Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura  
email : [hikisetya3@gmail.com](mailto:hikisetya3@gmail.com)

*Heat Exchanger* atau penukar kalor adalah alat yang berfungsi menukar kalor antara dua fluida yang berbeda temperatur tanpa mencampurkan kedua fluida tersebut. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi debit pada *Heat Exchanger tube fin* tiga pass *shell* satu pass untuk pengeringan kunyit. Dengan variasi debit 0,026, 0,028, dan 0,030 m<sup>3</sup>/s

*Heat exchanger* yang digunakan dalam pengujian ini memiliki aliran menyilang. Fluida dingin berupa udara dari blower mengalir masuk ke dalam *heat exchanger*, didalam *heat exchanger* fluida dingin akan menerima kalor dari fluida panas yang mengalir dalam *shell* yang sebelumnya dipanaskan oleh kompor, dan setelah itu fluida dingin tersebut keluar dari *heat exchanger* dan masuk ke dalam mesin pengering empon-empon.

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah meningkatnya debit fluida dingin, maka perubahan temperatur, kalor yang diterima fluida dingin, koefisien perpindahan kalor total, koefisien perpindahan kalor fluida dingin, efisiensi dan perubahan massa kunyit mengalami peningkatan.

Kata kunci : Alat Penukar Kalor, fluida, Perpindahan Kalor

## ABSTRACTS

### **RANCANG BANGUN *HEAT EXCHANGER TUBE FIN* TIGA PASS *SHELL* SATU PASS MESIN UNTUK PENGERING EMPON-EMPON**

Doni Setia Budi, Sartono Putro  
Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura  
email : [hikisetya3@gmail.com](mailto:hikisetya3@gmail.com)

*Heat Exchanger is device that facilitate the exchange of heat between two fluids that are at different temperatures while keeping them from mixing with each other. This research is aimed at fidding an influence of debt variety of Heat Exchanger tube fin single pass and shell triple pass for turmeric drainage. The debt of variety 0,026, 0,028, and 0,030 m<sup>3</sup>/s.*

*Heat exchangers are used in this research has a cross flow., cold fluid such as air from the blower to flow into the heat exchanger, in the heat exchanger cold fluid will receive heat from hot fluid flowing in a shell that is pre-heated by the stove, and after that cold fluid is out of heat exchanger and into the engine medicinal dryer.*

*The result of this research show that, if the cold fluid mass flow rate of air are bigger, it is means that temperature different, heat of cold fluid mass flow, ,overall heat transfer coefficient,heat transfer coefficient of cold fluid, efficiency and mass different of turmeric rate is bigger.*

*Keywords : Heat Exchanger, Fluid, Heat Transfer*



## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum wr.wb*

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat dan rahmat-NYA sehingga penyusunan laporan penelitian ini dapat terselesaikan.

Tugas Akhir berjudul "Rancang Bangun *Heat Exchanger Tube Fin Tiga Pass Shell Satu Pass* Untuk Mesin Pengering Empon-empon", dapat terselesaikan atas dukungan dari beberapa pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis dengan segala ketulusan dan keikhlasan hati ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D.**, Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. **Tri Widodo Besar Riyadi, ST., MSc., Ph.D.**, Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. **Sartono Purto Ir., MT.** Dosen pembimbing yang banyak memberikan ilmu, waktu, dorongan serta arahan dalam proses bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. **Bibit Sugito Ir., MT.**, Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan, bimbingan serta motivasi selama masa kuliah.
5. **Semua pihak** yang telah membantu semoga Allah SWT membalas kebaikan kita semua.

Surakarta, 31. Januari 2017

Penulis



Doni Setia Budi

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR MOTTO .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vi
ABSTRAKSI.....	vii
ABSTRACTS .....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	.xiv
DAFTAR RUMUS .....	xv
DAFTAR SIMBOL .....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori .....	6
2.2.1 Teori Kesetimbangan Kalor .....	7
2.2.2 Perpindahan Kalor.....	8

2.2.3	Perpindahan Kalor Gabungan Antara Konveksi dan Konduksi.....	13
2.2.4	Metode LMTD dan Metode NTU.....	15
2.2.5	Standarisasi Alat Penukar Kalor.....	19
2.2.6	Jenis-jenis <i>Heat Exchanger</i> .....	19
2.2.7	Sirip.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		27
3.1	Bahan Penelitian.....	27
3.2	Alat-alat Penelitian.....	28
3.3	Rancangan Penelitian.....	34
3.4	Tempat Penelitian.....	35
3.5	Prosedur Penelitian.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		38
4.1	Data Dimensi Alat Penukaran Kalor.....	38
4.2	Data Hasil Pengujian.....	38
4.3	Analisa Perhitungan.....	38
4.4	Pembahasan.....	46
4.4.1	Pengaruh Debit Fluida Dingin Terhadap Perubahan Temperatur Fluida Dingin.....	46
4.4.2	Pengaruh Debit Fluida Dingin Terhadap Kalor Yang Diterima Fluida Dingin.....	47
4.4.3	Pengaruh Debit Fluida Dingin Terhadap Koefisien Perpindahan Kalor Total.....	48
4.4.4	Pengaruh Debit Fluida Dingin Terhadap Koefisien Perpindahan Kalor Fluida Dingin.....	49
4.4.5	Pengaruh Debit Fluida Dingin Terhadap Efisiensi <i>Heat Exchanger</i> .....	50
4.4.6	Pengaruh Debit Fluida Dingin Terhadap Perubahan Massa Kuningit.....	51
BAB V PENUTUP.....		53
5.1	Kesimpulan.....	52
5.2	Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konsep Kesetimbangan Kalor.....	8
Gambar 2.2 Perpindahan Kalor Konduksi pada Dinding Datar .....	9
Gambar 2.3 Perpindahan Kalor Konduksi Pada Pipa Silinder .....	10
Gambar 2.4 Perpindahan kalor konveksi pada Dinding Datar .....	11
Gambar 2.5 Skema Perpindahan Kalor Gabungan.....	13
Gambar 2.6 Perpindahan Kalor Gabungan.....	13
Gambar 2.7 Variasai Perbedaan Temperatur Pada <i>Heat Exchanger</i> ....	15
Gambar 2.8 Diagram faktor Koreksi (F) untuk <i>single pass cross flow unmixed</i> .....	17
Gambar 2.9 Diagram Keefektifan <i>Heat Exchanger cross-flow unmixed</i>	18
Gambar 2.10 Aliran <i>Double Pipe Heat Exchanger</i> .....	20
Gambar 2.11 Bentuk Susunan Tabung.....	22
Gambar 2.12 <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i> .....	22
Gambar 2.13 Pendekatan Sirip Transfersal Penampang Segi Empat ...	24
Gambar 2.14 Diagram teoritis Efisiensi sirip transfersal dengan penampang segi empat .....	25
Gambar 3.1 Tabung Gas LPG .....	27
Gambar 3.2 Kunyit.....	28
Gambar 3.3 <i>Heat Exchanger Tube fin Tiga pass shell satu pass</i> .....	28
Gambar 3.4 Aliran Fluida pada <i>Heat echanger</i> .....	29
Gambar 3.5 Mesin Pengering Empon-empon.....	29
Gambar 3.6 Blower .....	30
Gambar 3.7 Kompor .....	30
Gambar 3.8 <i>Thermocouple</i> .....	31

Gambar 3.9 <i>Anemometer</i> .....	31
Gambar 3.10 Timbangan Digital .....	32
Gambar 3.11 Timbangan Analog .....	32
Gambar 3.12 <i>Stopwatch</i> .....	33
Gambar 3.13 Diagram Alir Perancangan .....	34
Gambar 3.14 Instalasi pengujian .....	35
Gambar 4.1 Pengaruh Debit Fluida Dingin Terhadap Perubahan Temperatur Fluida dingin ( $\Delta T_c$ ) .....	46
Gambar 4.2 Pengaruh Debit Fluida Dingin Terhadap Kalor yang Diterima Fluida Dingin( $q_c$ ) .....	47
Gambar 4.3 Pengaruh Debit Fluida Dingin Terhadap Koefisien Perpindahan Kalor Total( $U$ ) .....	48
Gambar 4.4 Pengaruh Debit Fluida Dingin Terhadap Koefisien Perpindahan Kalor Fluida Dingin( $h_c$ ).....	49
Gambar 4.5 Pengaruh Debit Fluida Dingin Terhadap Efisiensi ( $\eta$ ) .....	50
Gambar 4.6 Pengaruh Debit Fluida Dingin Terhadap Perubahan Massa Kuningit ( $\Delta m_{\text{kuningit}}$ ) .....	50

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian <i>Heat Exchanger</i> .....	38
Tabel 4.2 Data yang Didapat dari Tabel Lampiran.....	44
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan.....	45

## DAFTAR RUMUS

Rumus 1.1 Perpindahan Kalor .....	7
Rumus 1.2 Teori Kesetimbangan Kalor .....	8
Rumus 1.3 Perpindahan Kalor Konduksi Pada Dinding Datar .....	10
Rumus 1.4 Perpindahan Kalor Konduksi Pada Dinding Datar .....	10
Rumus 1.5 Hambatan Pada Dinding Pipa .....	11
Rumus 1.6 Perpindahan Kalor Konduksi Pada Pipa Silinder .....	10
Rumus 1.7 Perpindahan Kalor Konveksi Pada Dinding Datar .....	12
Rumus 1.8 Perpindahan Kalor Radiasi .....	12
Rumus 1.9 Hambatan Perpindahan Kalor .....	14
Rumus 2.0 Koefisien Perpindahan Kalor Total .....	14
Rumus 2.1 Bilangan Reynold .....	14
Rumus 2.2 Bilangan Nusselt.....	14
Rumus 2.3 Bilangan Nusselt.....	15
Rumus 2.4 Koefisien Perpindahan Kalor .....	15
Rumus 2.5 Perpindahan Kalor dengan Metode LMTD .....	16
Rumus 2.6 Perbedaan Tempertur Rata-Rata Logaritma ( $\Delta T_{LMDT}$ ) .....	16
Rumus 2.7 Temperature P.....	16
Rumus 2.8 Raiso Temperature R .....	16
Rumus 2.9 Keefektifan Perpindahan Kalor ( $\epsilon$ ).....	17
Rumus 3.0 Kapasitas kalor .....	17
Rumus 3.1 Perpindahan Kalor Maksimal.....	18
Rumus 3.2 Rasio Kapasitas Kalor .....	18
Rumus 3.3 <i>Number of Transfer Unit</i> .....	18

Rumus 3.4 Perpindahan Kalor Tanpa Sirip.....	24
Rumus 3.5 Luasan Kontak Tanpa Sirip .....	24
Rumus 3.6 Luasan Kontak Sirip.....	25
Rumus 3.7 Perpindahan Kalor Pada Sirip .....	24
Rumus 3.8 Menentukan $\varepsilon$ pada Sirip .....	24
Rumus 3.9 Perpindahan Kalor Total .....	24



## DAFTAR SIMBOL

### Simbol

$q$	= Perpindahan Kalor (J) atau (W)
$m$	= massa (kg)
$\dot{m}$	= massa fluida (kg/s)
$C_p$	= Kalor Jenis Benda (kJ/kgK)
$\Delta T$	= Perubahan Suhu (K)
$K$	= Konduktivitas Thermal ( $W/m^2K$ )
$A$	= Luas Permukaan ( $m^3$ )
$R_{wall}$	= Hambatan pada dinding
$h$	= Koefisien perpindahan kalor ( $W/m^2K$ )
$U$	= Koefisien Perpindahan Kalor Total ( $W/m^2K$ )
$Re$	= Bilangan Reynold
$\mu$	= Viskositas absolut fluida (kg/m.s)
$\nu$	= Viskositas kinematik fluida
$Nu$	= Bilangan Nuselt
$F$	= Faktor koreksi
$\Delta T_{LMTD}$	= Perbedaan temperatur rata-rata logaritma (K)
$P$	= Rasio temperatur P
$R$	= Rasio temperatur R
$\varepsilon$	= Keefektifan perpindahan kalor
$q_{max}$	= Perpindahan kalor maksimal (W)

$C$	= Kapasitas Kalor (W/K)
$NTU$	= <i>Number of Transfer Unit</i>
$A_{unfin}$	= Luasan kontak tanpa sirip (m <sup>2</sup> )
$A_{fin}$	= Luasan Kontak pada sirip (m <sup>2</sup> )
$q_{tot}$	= Perpindahan Kalor total (W)
$\eta$	= Efisiensi <i>Heat Exchanger</i>

### **Subskrip**

$c$	= <i>Cold</i>
$h$	= <i>Hot</i>

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Desain *Heat Exchanger* 3D
- Lampiran 2 Desain *Heat Exchanger* 2D
- Lampiran 3 Desain *Shell*
- Lampiran 4 Desain *Smoke Box*
- Lampiran 5 Desain *Smoke Box*
- Lampiran 6 Desain *Tube*
- Lampiran 7 *Shell Plate*
- Lampiran 8 Tabel Properti Udara
- Lampiran 9 Tabel Properti CO<sub>2</sub>
- Lampiran 10 Tabel HHV
- Lampiran 11 Diagram NTU
- Lampiran 12 Hasil Pengeringan dan Set-Up Pengujian
- Lampiran 13 Bagian-bagian *Heat exchanger*