

**STUDI PERFORMANSI HEAT EXCHANGER  
TIPE 2 PASS - SHELL AND TUBE  
DENGAN METODE ANALISIS ENERGI  
DI PT.PUSRI PALEMBANG**

FT  
muli  
2008



**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Bidang Studi Teknik Mesin

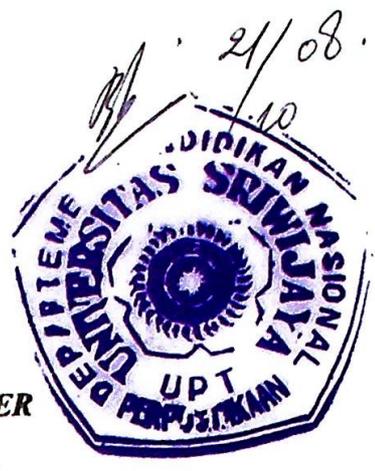
Oleh :

**Elmadani**  
**03023151061**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
INDERALAYA  
2008**

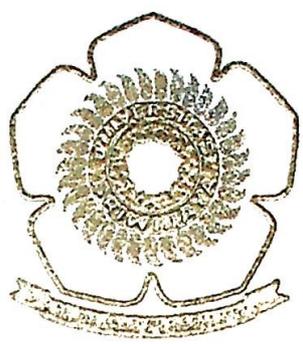
07  
1

3  
621.312 602  
Han  
s  
P-081068  
2008



**STUDI PERFORMANSI HEAT EXCHANGER  
TIPE 2 PASS - SHELL AND TUBE  
DENGAN METODE ANALISIS ENERGI  
DI PT.PUSRI PALEMBANG**

R.17764/2008



**SKRIPSI**

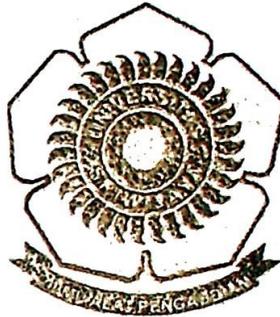
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Bidang Studi Teknik Mesin

**Oleh :**

**Hamdani  
03023150061**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
INDERALAYA  
2008**

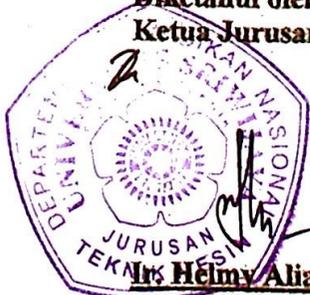
**STUDI PERFORMANSI *HEAT EXCHANGER*  
TIPE 2 PASS - *SHELL AND TUBE*  
DENGAN METODE ANALISIS ENERGI  
DI PT.PUSRI PALEMBANG**



Oleh

**HAMDANI**  
03023150061

Diketahui oleh,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



**Mr. Helmy Alian, M.T.**  
NIP. 131 672 077

Diperiksa dan disetujui oleh,  
Dosen Pembimbing,

**Ismail Thamrin, ST**  
NIP. 131 158 587

UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN

Agenda Nomor : 1775/TA/TA/2008  
Diterima tanggal : 20 Oktober 2008  
Paraf : §

Nama : Hamdani  
NIM : 03023150061  
Mata Kuliah : Perpindahan Kalor Dasar  
Spesifikasi : Studi Performansi *Heat Exchanger* Tipe 2 Pass – *Shell and Tube* Dengan Metode Analisis Energi di PT.Pusri Palembang  
Diberikan : April 2008  
Selesai : Agustus 2008

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Ir. Helmy Alian, MT  
NIP. 131 672 077

Indralaya, September 2008  
Dosen Pembimbing

A handwritten signature in black ink, which appears to be 'Ismail Fhamrin', written over a horizontal line.

Ismail Fhamrin, ST  
NIP. 131 158 587

# Motto dan Persembahan

## **MOTTO :**

*“Suka-duka, tangisan-senyum, sukses-gagal, hanyalah aliran kehidupan yang datang dengan perannya masing-masing. Bila masih ada orang yang bias membuat kita bahagia/ menderita, itu tandanya saklar kebahagiaan dipegang orang lain. Seorang master memegang saklarnya sendiri.”*

*Kupersembahkan kepada :*

**TUHAN YESUS YANG SELALU SETIA MEMBIMBING  
DAN MEMBERIKAN KEKUATAN PADA SAAT  
SUKA DAN DUKA**

**PAPA DAN MAMA TERCINTA YANG SENANTIASA  
MEMBERIKAN SEMANGAT DAN DOA YANG  
MEMBERIKAN KEHIDUPAN**

**BPK. ISMAIL THAMRIN, ST & KELUARGA, YANG  
TELAH MEMBERIKAN DUKUNGAN DAN  
BIMBINGAN.**

**JIMMY, YDAN, NOPRI, TOMY, RONAL, STEVEN,  
DODY YANG SELALU MEMBERIKU INSPIRASI  
DAN DORONGANNYA**

**REKAN-REKAN JURUSAN TEKNIK MESIN JURUSAN  
TEKNIK YANG TELAH BANYAK MELUANGKAN  
WAKTU UNTUK MEMBANTUKU MENYELESAIKAN  
TUGAS AKHIR INI**

## ABSTRAK

Skripsi ini membahas tentang efektivitas pada alat penukar kalor berupa *cooler* yang nilainya ditentukan dengan menggunakan Metoda Analisa energi. Selain itu juga dilakukan perhitungan beban kalor, koefisien perpindahan panas pada *tube* dan *shell*, koefisien perpindahan panas total, penurunan tekanan yang terjadi di *tube* dan *shell*, luas perpindahan panas total, LMTD ( Log Mean Temperature Difference ), dan *cleanliness factor* pada beberapa kondisi operasi. Data kondisi operasi diambil di PT. PUSRI, Palembang. Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien perpindahan panas total berbanding lurus dengan efektivitas dari alat penukar kalor. Alat penukar kalor yang dikaji adalah alat penukar kalor tipe *shell and tube* ( *Methanator Effluent Cooler* ) dengan fluida kerja *cooling water* ( air pendingin ) pada sisi *shell* dan fluida kerja *methane* pada bagian *tube*. Dengan LMTD ( Log Mean Temperature Difference ) =  $32,977\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( Kondisi A ), diperoleh nilai efektivitas sebesar 0,961 dan *cleanliness factor* 0,79. Dengan LMTD =  $32,7222\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( Kondisi B ), diperoleh nilai efektivitas sebesar 0,96 dan *cleanliness factor* 0,79. Dengan LMTD =  $32,26\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( Kondisi C ), diperoleh nilai efektivitas sebesar 0,958 dan *cleanliness factor* 0,79. Nilai *Cleanliness factor* yang baik adalah lebih besar atau sama dengan 0,85 maka disarankan agar heat exchanger tersebut dilakukan pembersihan ataupun *re-tubing*, agar performansi alat dapat meningkat.

**Kata Kunci :** Energi, *cooler*, Efektivitas, LMTD, *Cleanliness factor*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan karunia-Nya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Adapun penulisan Tugas Akhir yang berjudul **“STUDI PERFORMANSI HEAT EXCHANGER TIPE 2 PASS - SHELL AND TUBE DENGAN METODE ANALISIS ENERGI DI PT.PUSRI PALEMBANG”** merupakan persyaratan untuk mendapat gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang turut memberikan bantuan baik berupa pikiran maupun dukungan moral dan spiritual sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, khususnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. H. Hasan Basri, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Ismail Thamrin, ST., selaku dosen pembimbing utama yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan bantuan dan saran serta atas kesabarannya dalam membimbing penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Helmy Alian, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Ir. Zahri Kadir, M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya sekaligus Dosen Pembimbing Akademik

5. Bapak Zulkarnain Taufiq, Aris Hermono, Tri Satio Nugroho, Ali, Eko serta seluruh staf PABRIK PUPUK - IB yang telah banyak membantu dalam Survey Data skripsi di PT. PUSRI, Palembang.
6. Seluruh staf dosen di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
7. Keluargaku (Mama & Papa tersayang , adikku tersayang, salim wijaya, dan lain-lain yang tidak dapat disebutkan seluruhnya) yang telah memberikan dukungan, semangat, dan nasehat.
8. Staff Tata Usaha (Ayu' Umi dan kak Gunawan) di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
9. Teman-teman angkatan 2002 yang telah memberi bantuan selama masa perkuliahan (Jimmy, Yoan, Tomy, Dody, Ronald, Nopri, Steven Suwono, ozkar, dallah, wawan, arry (cantik + gembel), Bonney, Goegie, Hamka, Acoy, Idris, alfin Batak, Baa'syir, Amir, Sonny, Ryan, Thomas, Iqbal, Eka, Dori, Rahmat cs, Hardi, Afif, Dian, Sumpratman, dan semua kawan-kawan angkatan 2002 kelas A maupun B)
10. Kakak-kakak tingkat yang telah memberikan saran dan kritik, serta adik-adik tingkat yang telah memberikan dukungan dan semangat.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan baik dalam hal isi maupun dalam penulisan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun sebagai masukan untuk dapat menyempurnakan Tugas Akhir ini.

Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Inderalaya, Agustus 2008

Penulis

## DAFTAR ISI

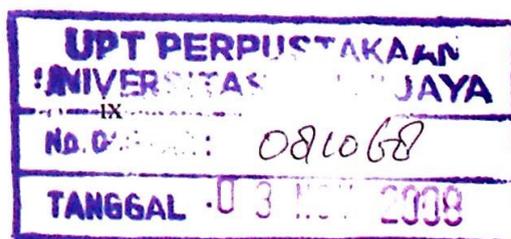
	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO.....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii

### BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	I - 1
1.2. Pembatasan Masalah.....	I - 1
1.3. Tujuan Penelitian.....	I - 2

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi Alat Penukar Kalor.....	II - 1
2.1.1 Tubular Heat Exchanger.....	II - 2
2.1.1.1 Double pipe Heat Exchanger.....	II - 3
2.1.1.2 Shell and Tube Heat Exchanger.....	II - 5
2.1.1.3 Spiral – Tube Heat exchanger.....	II - 9



2.1.2	Plate Heat Exchanger.....	II - 9
2.1.3	Extended Surface Heat Exchanger.....	II - 9
2.2	Arah Aliran Fluida Alat Penukar Kalor.....	II - 11
2.3	Koefisien Perpindahan Panas Total dan Pressure Drop Pada Shell dan Tube.....	II - 13
2.4	Efek Fouling.....	II - 20
2.5	Luas Permukaan Perpindahan Panas Total.....	II - 22
2.6	Perhitungan Effektivitas <i>Heat Exchanger</i> dengan metode Analisis Energi .....	II - 22
2.7	Perhitungan nilai <i>cleanliness factor</i> .....	II - 23
<b>BAB III DESKRIPSI ALAT.....</b>		<b>III - 1</b>
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>IV - 1</b>
<b>BAB V ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN</b>		
5.1	Data-data Operasi Acuan.....	V - 1
5.2	Perhitungan Koefisien Perpindahan Panas dan <i>Pressure Drop</i> pada Shell.....	V - 4
5.3	Perhitungan Koefisien Perpindahan Panas dan <i>Pressure Drop</i> pada Tube.....	V - 7
5.4	Koefisien Perpindahan Panas Total ( $U_o$ ) .....	V - 9
5.4.1	Koefisien Perpindahan Panas Total tanpa	

Efek Fouling ( $U_{\text{clean}}$ ) .....	V – 9
<b>5.4.2 Koefisien Perpindahan Panas Total dengan</b>	
Efek Fouling ( $U_{\text{fouling}}$ ) .....	V – 10
5.5 Log Mean Temperature Difference (LMTD) .....	V – 10
5.6 Luas Perpindahan Panas Total.....	V – 11
5.7 Perhitungan efektifitas dengan metode analisis energi.....	V – 13
5.8 Perhitungan nilai <i>cleanliness factor</i> .....	V – 15
<b>BAB VI KESIMPULAN.....</b>	<b>VI – 1</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Alat penukar kalor tipe kontak tidak langsung.....	II - 2
2.2 Finned inner tube (pipa bagian dalam yang dilengkapi dengan fin)..	II - 3
2.3 Alat Penukar Kalor Pipa Ganda dengan Pipa bersirip.....	II - 4
2.4 Alat Penukar Kalor Pipa Ganda dengan Pipa Majemuk bersirip.....	II - 4
2.5 Beberapa jenis pipa bersirip.....	II - 4
2.6 1 – Pass shell & Tube Heat Exchanger.....	II - 5
2.7 1 – Pass shell & 2 – Pass Tube.....	II - 6
2.8 Beberapa Jenis Sekat Pelat (plate baffle) .....	II - 7
2.9 Hairpin (U – Tube) .....	II - 8
2.10 Susunan Pipa dalam Cangkang.....	II - 8
2.11 Dua Jenis Tubular Fin.....	II - 10
2.12 Alat penukar kalor dengan arah aliran sejajar.....	II - 11
2.13 Alat penukar kalor dengan arah aliran berlawanan.....	II - 11
2.14 Alat penukar kalor dengan arah aliran saling menyilang.....	II - 11
2.15 Profil temperatur pada alat penukar kalor dengan aliran sejajar....	II - 12
2.16 Profil temperatur pada alat penukar kalor dengan aliran berlawanan	II - 12
2.17 Tiga Jenis Susunan Pipa dalam Cangkang.....	II - 16
5.1 Grafik Hubungan Koefisien Perpindahan Panas Total tanpa Efek Fouling vs Effektivitas .....	V- 16

5.2 Grafik Hubungan Koefisien Perpindahan Panas Total

dengan Efek Fouling vs Efektivitas ..... V- 16



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
5.1 Tabel hasil perhitungan pada kondisi A.....	V – 11
5.2 Tabel hasil perhitungan pada kondisi B.....	V – 12
5.3 Tabel hasil perhitungan pada kondisi C.....	V – 12
5.4 Tabel hasil perhitungan kondisi rata – rata mingguan.....	V – 13

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam penulisan Tugas Akhir, penulis mencoba untuk mengkaji performansi dari alat penukar kalor. Dalam hal ini Penulis mengambil beberapa kondisi operasi pada hari yang berbeda untuk mengetahui hubungan antara koefisien perpindahan panas total dan effektivitas dari alat penukar kalor serta mencari tahu apakah alat tersebut perlu dilakukan pembersihan. Industri Pupuk khususnya PT. PUSRI, Palembang menggunakan alat penukar kalor (*heat exchanger*) jenis *cooler*. *Cooler* ini termasuk tipe cangkang dan pipa (*shell and tube*). Pada alat penukar kalor ini, *methane* mengalir dalam tube dengan media pendinginnya adalah *cooling water* (air dingin) yang mengalir dalam shell. Dalam penulisan kali ini penulis mengambil judul : “ **STUDI PERFORMANSI HEAT EXCHANGER TIPE 2 PASS-SHELL AND TUBE DENGAN METODE ANALISIS ENERGI DI PT.PUSRI PALEMBANG** “.

### 1.2 Pembatasan Masalah

Di sini penulis hanya mengkaji performansi dari *cooler* yang meliputi beban kalor, koefisien perpindahan panas pada tube dan shell, koefisien perpindahan panas total, penurunan tekanan yang terjadi di tube dan shell, luas perpindahan panas total, LMTD ( Log Mean Temperature Difference ) serta nilai *Cleanliness factor* pada beberapa kondisi operasi.



Disini penulis juga mencari hubungan antara koefisien perpindahan panas total dengan efektifitas dari alat penukar kalor tersebut serta menganalisa apakah alat tersebut membutuhkan pembersihan atau tidak.

### 1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengetahui performansi dari cooler ini yang ditinjau dengan beberapa kondisi operasi kerja alat dengan menggunakan metode analisis energi yang kemudian akan dicari grafik hubungan antara koefisien perpindahan panas total dan efektifitas dari alat penukar kalor tersebut serta menganalisa apakah alat tersebut perlu dibersihkan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Sadik Kakac dan Hongtan Liu. 1998. *Heat Exchanger Selection, Rating, and Thermal Design*. Edisi Pertama. CRC Press. Florida.
2. Adrian Bejan dan Allan D. Kraus. *Heat Transfer Handbook*. *e-Books*. John Wiley & Sons, inc.
3. Warren M. Rohsenow. *Handbook Of Heat Transfer Fundamentals*. Second Edition. McGraw-Hill Book Company.