



**PENAMBAHAN DAN VARIASI DIMENSI SIRIP ALUMINIUM PADA *TUBE*  
TERHADAP LAJU DAN EFEKTIVITAS PERPINDAHAN PANAS DALAM  
*HEAT EXCHANGER TIPE SHELL AND TUBE***

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Taufiqur Rohman  
NIM 091910101020**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2013**

## **PERSEMBAHAN**

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa penguasa kehidupan dunia dan akhirat. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Saya persembahkan skripsi ini kepada:

1. Aba dan Ibuk tercinta yang selalu tiada lelah mendidik dan mendo'akanku, serta enam saudaraku yang ku banggakan. Terimakasih atas semua cinta, kasih sayang, perhatian, doa, pengorbanan, motivasi dan bimbingan kalian semua demi terciptanya insan manusia yang beriman, bertaqwa, berakhlak mulia, dan berguna bagi bangsa negara. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta membalas semua kebaikan yang telah kalian lakukan.
2. Staf pengajar semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada saya terutama Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama, Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc., selaku dosen pembimbing anggota, Bapak Ir. Ahmad Syuhri M.T., selaku dosen penguji I, dan Bapak Andi Sanata, S.T., M.T., selaku dosen penguji II.
3. Semua guru-guruku dari Taman Kanak-Kanak sampai Perguruan Tinggi yang saya hormati, yang telah memberikan ilmu, mendidik, dan membimbingku dengan penuh rasa sabar.
4. Almamater Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
5. Seluruh teman-teman angkatan 2009 (Nine-Gine) yang telah memberikan kontribusi, dukungan, ide yang inspiratif, dan kritikan yang konstruktif. Terimakasih atas semua kontribusi yang kalian berikan.

## MOTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Musa Berkata: Ya Allah lapangkanlah untukku dadaku. Dan mudahkanlah untukku urusanku. Dan lepaskanlah kekakuan dari lidahku supaya mereka mengerti perkataanku.” (Q.S. Thoha: 25-28)

"I failed my exam in some subjects but my friend passed all. Now he's an engineer in microsoft and i am the owner." (Bill Gates)

"Berdo'alah sambil berusaha agar hidup jadi tak sia-sia." (Iwan Fals)

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Taufiqur Rohman**

NIM : **091910101020**

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “Penambahan Dan Variasi Dimensi Sirip Aluminium Pada *Tube* Terhadap Laju Dan Efektivitas Perpindahan Panas Dalam *Heat Exchanger* Tipe *Shell And Tube*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Desember 2013  
Yang menyatakan,

Taufiqur Rohman  
NIM. 091910101020

**SKRIPSI**

**PENAMBAHAN DAN VARIASI DIMENSI SIRIP ALUMINIUM PADA *TUBE*  
TERHADAP LAJU DAN EFEKTIVITAS PERPINDAHAN PANAS DALAM  
*HEAT EXCHANGER* TIPE *SHELL AND TUBE***

Oleh

Taufiqur Rohman

091910101020

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Hary Sutjahjono, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc.

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Penambahan Dan Variasi Dimensi Sirip Aluminium Pada *Tube* Terhadap Laju Dan Efektivitas Perpindahan Panas Dalam *Heat Exchanger* Tipe *Shell And Tube*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : 07 November 2013

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

### Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Hary Sutjahjono, S.T., M.T  
NIP. 19681205 199702 1 002

Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc.  
NIP. 19680617 199501 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Ir. Ahmad Syuhri M.T.  
NIP. 19670123 199702 1 001

Andi Sanata, S.T., M.T.  
NIP. 19750502 200112 1 001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP. 19610414 198902 1 001

## RINGKASAN

**Penambahan dan Variasi Dimensi Sirip Aluminium pada *Tube* Terhadap Laju dan Efektivitas Perpindahan Panas dalam *Heat Exchanger* Tipe *Shell and Tube*;** Taufiqur Rohman, 091910101020: 94 Halaman; Program Studi Strata Satu Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

*Heat exchanger* adalah alat penukar kalor yang berfungsi untuk mengubah temperatur dan fasa suatu fluida. Dengan memanfaatkan perpindahan panas antara dua fluida yang berbeda temperaturnya. Perpindahan panas akan terjadi dari fluida yang temperaturnya tinggi ke fluida lain yang temperaturnya rendah. Di dunia industri peran *heat exchanger* sangat penting, misal dalam industri pembangkit tenaga listrik, *condenser* adalah *heat exchanger* yang berfungsi merubah fasa uap menjadi fasa air. berperan dalam peningkatan efisiensi sistem.

Dalam penelitian ini, difokuskan tentang penambahan sirip aluminium terhadap efektivitas *heat exchanger* tipe *shell and tube*. Dengan bervariasi panjang sirip aluminium didapat perbedaan  $\Delta T$  yang berbeda pada setiap variasi panjangnya. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *tube* tanpa sirip, tube dengan panjang sirip sebesar 10 mm, 20 mm dan 30 mm.

Penelitian tentang “Penambahan dan Variasi Dimensi Sirip Aluminium pada *Tube* Terhadap Laju dan Efektivitas Perpindahan Panas dalam *Heat Exchanger* Tipe *Shell and Tube*” dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa penambahan dimensi sirip aluminium menurunkan efektivitas dari *heat exchanger* tipe *shell and tube*. Hal ini dikarenakan penyambungan antara sirip dan tube yang tidak sempurna justru meningkatkan tahanan *thermal* keseluruhan yang menyebabkan berkurangnya efektivitas perpindahan panas. Hal ini dapat dilihat dari besarnya nilai efektivitas tertinggi terjadi justru pada variasi dimensi *tube* tanpa sirip sebesar 25,85%.

## SUMMARY

***Aluminium Fin and Dimension's Effectiveness on Tube and Heat Transfer Rate in Shell And Tube Heat Exchanger; Taufiqur Rohman, 091910101020: 94 Pages; Tier One Program Mechanical Engineering Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.***

*Heat exchanger is a device that serves to change temperature and the phase of fluid. By utilizing heat transfer between two fluids with different temperature from the higher temperature fluid to a lower temperature fluid. In industrial, the role of heat exchanger is very important. For example in electric power generation industry, condenser is a heat exchanger that serves to change the vapor phase into liquid phase. it increasing the efficiency of the system.*

*This study, focused on the addition of aluminium fins on shell and tube heat exchanger effectiveness. With long fins variation the difference  $\Delta T$  obtained which difference in every length variation. Variations used in this study was the tube without fins, tube with fin length of 10 mm, 20 mm and 30 mm.*

*Research on "Aluminium Fin and Dimension's Effectiveness on Tube and Heat Transfer Rate in Shell and Tube Heat Exchanger" was performed in Energy Conversion Laboratory Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember. From the results obtained that the addition of aluminum fins dimensions would decreased the effectiveness Shell And Tube Heat Exchanger. This was because the weldment between the fin and the tube was not perfectly connected would enhance the overall thermal resistance that reduces heat transfer effectiveness. It could be seen from the value of the highest heat exchanger effectiveness was the tube without fins dimensional of 25.85%.*



## PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat dan salam yang selalu tercurahkan kepada junjungan nabi Muhammad SAW karena beliau lah panutan seluruh umat di dunia maupun akhirat.

Skripsi ini berjudul “Penambahan Dan Variasi Dimensi Sirip Aluminium Pada *Tube* Terhadap Laju Dan Efektivitas Perpindahan Panas Dalam *Heat Exchanger* Tipe *Shell And Tube*”. Penyusunan skripsi ini digunakan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan arahan kepada penulis selama penyusunan laporan skripsi ini, khususnya kepada:

1. Aba dan Ibu tercinta yang selalu mendidik dan mendo'akanku, serta enam saudaraku yang telah memberikan motivasi kepada saya.
2. Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc., selaku dosen pembimbing anggota yang selalu memberikan ide, saran, dan motivasi, serta meluangkan waktunya untuk membimbing saya selama proses penelitian dan penyusunan laporan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Ahmad Syuhri M.T., selaku dosen penguji I, dan Bapak Andi Sanata, S.T., M.T., selaku dosen penguji II yang memberikan saran dan kritikan bersifat konstruktif untuk penyusunan skripsi ini.
4. Seluruh staf pengajar dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan membimbing saya selama saya duduk di bangku perkuliahan.
5. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Jember.
6. Seluruh teman-teman angkatan 2009 (N-Gine) yang telah memberikan banyak dukungan dan pengalaman hidup

7. Semua pihak yang telah membantu proses penelitian dan penyusunan skripsi ini dari awal hingga akhir.

Penulis menyadari sebagai manusia yang tak lepas dari kekhilafan dan kekurangan, oleh karena itu diharapkan adanya kritik, saran, dan ide yang bersifat konstruktif demi kesempurnaan skripsi ini dan penelitian berikutnya yang berkaitan dengan skripsi ini. Semoga hasil dari penelitian pada skripsi ini dapat memberikan manfaat khususnya bagi penulis dan peneliti-peneliti berikutnya.

Jember, Desember 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	ii
HALAMAN MOTTO .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN .....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN .....	vii
PRAKATA.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xv
BAB 1. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	4
1.4.1 Tujuan.....	4
1.4.2 Manfaat .....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Aluminium.....	5
2.1.1 Sejarah umum aluminium.....	5
2.1.2 Sifat aluminium .....	5
2.2 Alat Penukar Kalor ( <i>Heat Exchanger</i> ).....	6
2.3 <i>Heat Exchanger Tipe Shell and Tube</i> .....	7
2.3.1 Komponen <i>heat exchanger tipe shell and tube</i> .....	8
2.3.2 Penentuan tipe dan material <i>heat exchanger shell and tube</i> .....	9
2.3.3 Sistem kerja <i>heat exchanger tipe shell and tube</i> .....	9

2.3.4 Keunggulan <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> .....	10
2.4 Aliran <i>Counter Flow</i> pada <i>Heat Exchanger Tipe Shell and Tube</i> .....	11
2.5 Perpindahan Panas Konduksi .....	11
2.5.1 Konduktivitas termal (daya hantar panas) .....	12
2.5.2 Perpindahan panas konduksi pada silinder berongga .....	13
2.6 Perpindahan Panas Konveksi .....	14
2.6.1 Aliran laminar dan turbulen dalam prinsip-prinsip konveksi .....	16
2.6.2 Bilangan-bilangan tak berdimensi pada perpindahan panas konveksi .....	15
2.6.3 Sistem konveksi paksa pada aliran dalam pipa .....	17
2.7 Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh Pada Silinder .....	18
2.8 Beda Suhu Rata-Rata Log (LMTD) .....	20
2.9 Metode NTU Efektivitas .....	22
2.10 <i>Baffle</i> (Sekat) pada <i>Heat Exchanger</i> .....	27
2.11 Sirip ( <i>fin</i> ) pada <i>Heat Exchanger</i> .....	28
2.11.1 Pengertian Sirip .....	28
2.11.2 Dimensi Sirip .....	31
2.12 Hipotesa Penelitian.....	31
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>32</b>
3.1 Metode Penelitian.....	32
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	32
3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....	32
3.3.1 Alat .....	32
3.3.2 Bahan .....	34
3.4 Variabel Penelitian .....	35
3.4.1 Variabel bebas .....	35
3.4.2 Variabel terikat .....	35
3.5 Prosedur Pengujian.....	36
3.5.1 Penyusunan alat penelitian .....	36
3.5.2 Tahapan penelitian.....	36

3.5.3 Tahap pengambilan data.....	36
3.5.4 Tahap pengolahan data .....	40
3.6 Skema Alat Uji .....	41
3.7 Dimensi <i>Tube</i> .....	42
3.8 Diagram Alir Penelitian.....	43
3.9 Jadwal Kegiatan Penelitian .....	44
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>45</b>
4.1 Hasil Penelitian.....	45
4.2 Pembahasan Hasil Penelitian.....	47
4.2.1 Pengaruh variasi dimensi sirip terhadap $\Delta T_o$ (Temperatur Oli) .....	47
4.2.2 Pengaruh variasi dimensi sirip terhadap laju perpindahan panas (Metode LMTD) .....	50
4.2.3 Pengaruh variasi dimensi sirip terhadap efektivitas perpindahan panas dari perhitungan neraca energi .....	53
4.2.4 Perbandingan efektivitas hasil penelitian dan efektivitas rancangan desain metode NTU pada variasi dimensi sirip .....	56
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>61</b>
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>62</b>
<b>LAMPIRAN A. PERHITUNGAN .....</b>	<b>64</b>
<b>LAMPIRAN B. TABEL .....</b>	<b>76</b>
<b>LAMPIRAN C. GRAFIK .....</b>	<b>89</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Konduktivitas termal berbagai bahan pada 0°C.....	13
Tabel 2.2 Persamaan-persamaan Efektivitas Penukar Kalor .....	26
Tabel 2.3 Persamaan NTU, untuk Penukar Kalor.....	26
Tabel 3.1 Pengambilan data pada <i>heat exchanger</i> untuk tube tanpa sirip .....	38
Tabel 3.2 Pengambilan data pada <i>heat exchanger</i> untuk tube dengan penambahan variasi dimensi sirip panjang: 10 mm, lebar: 40 mm, tebal: 1 mm .....	39
Tabel 3.3 Pengambilan data pada <i>heat exchanger</i> untuk tube dengan penambahan variasi dimensi sirip panjang: 20 mm, lebar: 40 mm, tebal: 1 mm .....	39
Tabel 3.4 Pengambilan data pada <i>heat exchanger</i> untuk tube dengan penambahan variasi dimensi sirip panjang: 30 mm, lebar: 40 mm, tebal: 1 mm .....	40
Tabel 3.5 Jadwal kegiatan penelitian .....	44
Tabel 4.1 Tabel hasil penelitian variasi tanpa sirip .....	45
Tabel 4.2 Tabel hasil penelitian variasi dimensi sirip 1 cm .....	45
Tabel 4.3 Tabel hasil penelitian variasi dimensi sirip 2 cm .....	46
Tabel 4.4 Tabel hasil penelitian variasi dimensi sirip 3 cm .....	46

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Tube</i> dari aluminium .....	6
Gambar 2.2 Konstruksi detail dari <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> .....	8
Gambar 2.3 Kondensor pada pembangkit listrik tenaga uap .....	10
Gambar 2.4 Aliran <i>counter flow</i> pada <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> .....	11
Gambar 2.5 Aliran panas satu dimensi melalui silinder berongga .....	13
Gambar 2.6 Perpindahan panas menyeluruh dinyatakan dengan beda suhu limbak .	17
Gambar 2.7 Perpindahan panas menyeluruh melalui silinder berongga .....	19
Gambar 2.8 Profil temperatur pada aliran <i>counter flow</i> .....	20
Gambar 2.9 Grafik faktor koreksi untuk penukar kalor dengan satu lintas selongsong dan dua, empat, atau masing-masing kelipatan dari lintas tabung .....	22
Gambar 2.10 Bagan efektivitas penukar kalor Kays dan London .....	25
Gambar 2.11 Pengaturan <i>baffle</i> pada <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> .....	27
Gambar 2.12 Sirip kontinyu pada susunan pipa bulat dan plat .....	29
Gambar 2.13 Pipa tunggal bersirip .....	30
Gambar 2.14 Berbagai jenis muka sirip menurut Kern dan Kraus pada pipa tunggal .....	30
Gambar 3.1 Skema alat uji .....	41
Gambar 3.2 Dimensi <i>tube</i> tanpa sirip .....	42
Gambar 3.3 Dimensi <i>tube</i> dengan sirip ( <i>fin</i> ) panjang 1 cm .....	42
Gambar 3.4 Dimensi <i>tube</i> dengan sirip ( <i>fin</i> ) panjang 2 cm .....	42
Gambar 3.5 Dimensi <i>tube</i> dengan sirip ( <i>fin</i> ) panjang 3 cm .....	42
Gambar 3.6 Diagram alir penelitian .....	43
Gambar 4.1 Grafik pengaruh variasi dimensi sirip terhadap $\Delta T_o$ pada detik ke-30 ...	47
Gambar 4.2 Grafik pengaruh variasi dimensi sirip terhadap $\Delta T_o$ pada detik ke-90 ...	48
Gambar 4.3 Grafik pengaruh variasi dimensi sirip terhadap $\Delta T_o$ pada detik ke-150 .	49

Gambar 4.4 Grafik pengaruh variasi dimensi sirip terhadap laju perpindahan panas (metode LMTD) pada detik ke-30 .....	50
Gambar 4.5 Grafik pengaruh variasi dimensi sirip terhadap laju perpindahan panas (metode LMTD) pada detik ke-90 .....	51
Gambar 4.6 Grafik pengaruh variasi dimensi sirip terhadap laju perpindahan panas (metode LMTD) pada detik ke-150 .....	52
Gambar 4.7 Grafik pengaruh variasi dimensi sirip terhadap efektivitas perpindahan panas pada detik ke-30 .....	53
Gambar 4.8 Grafik pengaruh variasi dimensi sirip terhadap efektivitas perpindahan panas pada detik ke-90 .....	54
Gambar 4.9 Grafik pengaruh variasi dimensi sirip terhadap efektivitas perpindahan panas pada detik ke-150 .....	55
Gambar 4.10 Grafik perbandingan efektivitas hasil penelitian dan efektivitas rancangan desain metode NTU untuk variasi dimensi sirip pada detik ke-30.....	56
Gambar 4.11 Grafik perbandingan efektivitas hasil penelitian dan efektivitas rancangan desain metode NTU untuk variasi dimensi sirip pada detik ke-90.....	58
Gambar 4.12 Grafik perbandingan efektivitas hasil penelitian dan efektivitas rancangan desain metode NTU untuk variasi dimensi sirip pada detik ke-150.....	59