



**ANALISIS PENGARUH KECEPATAN FLUIDA PANAS ALIRAN
BERLAWANAN TERHADAP EFEKTIVITAS *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

**DIMAS BAHTERA ESKAYUDHA
NIM 091910101023**

**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. Ibunda dan Ayahanda tercinta yang selalu tiada lelah mendidik dan menasehatiku, adik-adikku yang tersayang, nenek dan kakek, serta saudara-saudaraku semua. 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 Andi Sanata, S.T., M.T., selaku dosen penguji I, dan Bapak Dedi Dwi Laksana, 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.
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

الرَّحِيمِ الرَّحْمَنِ اللَّهُ بِسْمِ

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.” (Q.S. Al-Mujadalah: 11)

"Apabila seorang keturunan Adam meninggal dunia maka terputuslah amalnya kecuali dari tiga hal: shadaqah jariyyah, atau ilmu yang bermanfaat, atau seorang anak shalih yang mendo'akannya." (HR. Muslim no.1631)

"Kerja keras bukan untuk sukses tetapi untuk sebuah nilai." (Albert Einstein)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Dimas Bahtera Eskayudha**

NIM : **091910101023**

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “Analisis Pengaruh Kecepatan Fluida Panas Aliran Berlawanan Terhadap Efektivitas *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, April 2013
Yang menyatakan,

Dimas Bahtera E.
NIM. 091910101023

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH KECEPATAN FLUIDA PANAS ALIRAN
BERLAWANAN TERHADAP EFEKTIVITAS *HEAT*
EXCHANGER TIPE *SHELL AND TUBE***

Oleh

Dimas Bahtera Eskayudha

091910101023

Pembimbing :

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Pengaruh Kecepatan Fluida Panas Aliran Berlawanan Terhadap Efektivitas *Heat Exchanger* Tipe *Shell And Tube*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : 06 Mei 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,

Andi Sanata, S.T., M.T.
NIP. 197505022001121001

Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.
NIP. 19691201 199602 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

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

RINGKASAN

Analisis Pengaruh Kecepatan Fluida Panas Aliran Berlawanan terhadap Efektivitas *Heat Exchanger* tipe *Shell and Tube*; Dimas Bahtera Eskayudha, 091910101023: 58 Halaman; Program Studi Strata Satu Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Heat Exchanger (HE) adalah suatu alat yang memungkinkan perpindahan panas dari satu media ke media lain khususnya untuk media fluida, baik satu fasa maupun banyak fasa. *Heat exchanger* banyak digunakan dalam bidang rekayasa industri, diantaranya radiator mobil, *oil cooler* pada mesin pesawat terbang, kondensor pada sistem pendinginan, *feed water heater* pada *boiler* dan lain-lain.

Dalam penelitian ini, difokuskan tentang kecepatan fluida terhadap efektivitas *heat exchanger* tipe *shell and tube*. Dengan bervariasi kecepatan fluida didapat perbedaan ΔT yang berbeda pada setiap variasi kecepatannya. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah kecepatan fluida panas (oli) sebesar 0,021 m/s, 0,045 m/s dan 0,069 m/s dan kecepatan fluida dingin sebesar 0,28 m/s dan 0,42 m/s.

Penelitian tentang Analisis Pengaruh Kecepatan Fluida Panas Aliran Berlawanan terhadap Efektivitas *Heat Exchanger* tipe *Shell and Tube* dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember. Dari hasil penelitian didapat bahwa peningkatan kecepatan fluida panas menurunkan efektivitas dari *heat exchanger* tipe *shell and tube*. Hal ini dikarenakan ΔT yang semakin kecil dengan semakin cepatnya waktu kontak antara kedua fluida seiring dengan semakin besar kecepatannya. Sedangkan semakin besar kecepatan fluida, maka laju perpindahan panasnya semakin besar sehingga menyebabkan nilai efektivitasnya turun. Hal ini dapat dilihat dari besarnya nilai efektivitas tertinggi terjadi pada kecepatan fluida panas 0,021 m/s dan kecepatan fluida dingin 0,28 m/s sebesar 22,35%.

SUMMARY

Analysis Increasing of Hot Fluid Speed to Effectiveness of the Heat Exchanger Shell and Tube type on Contrary Flow; Dimas Bahtera Eskayudha, 091910101023: 58 Pages; Mechanical Engineering Department of Engineering Faculty, Jember University.

Heat Exchanger (HE) is a device that allows heat transfer from one medium to another medium especially for fluid media, both single phase and many phases. Heat exchangers are widely used in the fields of industrial engineering, such as car radiator, oil cooler on aircraft engines, condenser in the cooling system, the boiler feed water heater and others.

In this study, focused on research on the influence of fluid velocity on the effectiveness of the heat exchanger shell and tube type. Variety speed of the fluid was obtained by difference ΔT different on every variation of the fluid velocity. Variations used in this study is the speed of the hot fluid (oil) of 0.021 m / s, 0.045 m / s and 0.069 m / s with cold fluid (water) velocity of 0.28 m / s and 0.42 m / s.

Research on Speed Effect Analysis of Heat Fluid Contrary Flow Heat on Exchanger Heat effectiveness of Shell and Tube type carried out in the Energy Conversion Laboratory Mechanical Engineering Department Faculty of Engineering, Jember University. The result shown that increasing velocity of the hot fluid would decreased effectiveness of the heat exchanger. It was caused by rapid contact time that will decreased the value of ΔT between two fluids along with greater speed. While the faster speed of the fluid, the greater the rate of heat transfer, causing the value of its effectiveness down. It can be seen the highest effectiveness occurs on hot fluid velocity of 0.021 m / s with cold fluid velocity 0.28 m / s at 22.35%.

PRAKATA

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

Skripsi ini berjudul “Analisis Pengaruh Kecepatan Fluida Panas Aliran Berlawanan Terhadap Efektivitas *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. Ibunda dan Ayahanda tercinta yang selalu tiada henti dan tiada lelah mendidik dan menasehatiku, nenek dan kakek, serta saudara-saudaraku semua yang telah memberikan doa dan 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 Andi Sanata, S.T., M.T., selaku dosen penguji I, dan Bapak Dedi Dwi Laksana, 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 (Nine-Gine) yang telah memberikan banyak dukungan, terutama Tim *Heat Exchanger* (Afra Rizki Amanda, Luqman Hakim, Dedi Prihambodo), Muh. Muhtada Faizun (T-Jrenk) dan Muh. Khoirul A. (Tower) yang telah banyak membantu dalam pembuatan alat dan penelitian, serta teman baikku Rakhmad Alief R. (Memet Suremet) dan Sandi Kusumaharjo (Ajiz G) yang telah banyak membantu selama 4 tahun perkuliahan.
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, April 2013

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| 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..... | xv |
| DAFTAR GAMBAR | xvi |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Dan Manfaat Penelitian | 2 |
| 1.4.1 Tujuan..... | 2 |
| 1.4.2 Manfaat | 3 |
| 1.4 Batasan Masalah | 3 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA. | 4 |
| 2.1 Pengertian <i>Heat Exchanger</i> | 4 |
| 2.1.1 Jenis Dan Tipe <i>Heat Exchanger</i> | 4 |
| 2.2 Sistem Kerja <i>Heat Exchanger Tipe Shell And Tube</i> | 5 |
| 2.3 <i>Heat Exchanger Tipe Shell And Tube</i> | 5 |
| 2.3.1 Struktur <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i> | 5 |
| 2.3.2 Seleksi <i>Shell & Tube Heat Exchanger</i> | 6 |
| 2.3.3 Aplikasi <i>Shell & Tube Heat Exchanger</i> | 9 |

| | |
|--|----|
| 2.3.4 Keunggulan <i>Shell & Tube Heat Exchanger</i> | 9 |
| 2.4 Aliran Berlawanan Pada <i>Heat Exchanger Shell And Tube</i> | 9 |
| 2.5 Bilangan <i>Reynold</i> | 10 |
| 2.6 Perpindahan Panas Konduksi | 11 |
| 2.7 Perpindahan Panas Konveksi | 12 |
| 2.8 Perpindahan Panas Dalam Tabung | 14 |
| 2.9 Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh | 15 |
| 2.9.1 Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh Pada Silinder | 16 |
| 2.10 Beda Suhu Rata-Rata Log (LMTD) | 18 |
| 2.11 Efektivitas Perpindahan Panas (NTU) | 19 |
| 2.12 Hipotesa | 20 |
| BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN | 21 |
| 3.1 Metode Penelitian | 21 |
| 3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian | 21 |
| 3.3 Alat Dan Bahan Penelitian | 21 |
| 3.3.1 Alat | 21 |
| 3.3.2 Bahan | 23 |
| 3.4 Variabel Penelitian | 23 |
| 3.4.1 Variabel Bebas..... | 23 |
| 3.5.2 Variabel Terikat | 24 |
| 3.5 Prosedur Pengujian | 24 |
| 3.5.1 Penyusunan Alat penelitian | 24 |
| 3.5.2 Tahap Penelitian | 24 |
| 3.5.3 Tahap Pengambilan Data | 28 |
| 3.6 Skema Alat Uji | 30 |
| 3.7 Diagram Alir Penelitian | 31 |
| 3.8 Jadwal Kegiatan Penelitian | 32 |
| BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN | 33 |
| 4.1 Hasil Penelitian | 33 |

| | |
|--|----|
| 4.2 Analisis hubungan kecepatan fluida terhadap ΔT oli pada <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> | 35 |
| 4.2.1 Pengaruh kecepatan fluida terhadap ΔT oli pada detik ke-30 | 35 |
| 4.2.2 Pengaruh kecepatan fluida terhadap ΔT oli pada detik ke-90 | 37 |
| 4.2.3 Pengaruh kecepatan fluida terhadap ΔT oli pada detik ke-150 | 38 |
| 4.3 Analisis hubungan kecepatan fluida terhadap laju perpindahan panas <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> | 40 |
| 4.3.1 Pengaruh kecepatan fluida terhadap laju perpindahan panas <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> pada detik ke-30(LMTD) | 40 |
| 4.3.2 Pengaruh kecepatan fluida terhadap laju perpindahan panas <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> pada detik ke-30(NTU) | 42 |
| 4.3.3 Pengaruh kecepatan fluida terhadap laju perpindahan panas <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> pada detik ke-90(LMTD) | 43 |
| 4.3.4 Pengaruh kecepatan fluida terhadap laju perpindahan panas <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> pada detik ke-90(NTU) | 45 |
| 4.3.5 Pengaruh kecepatan fluida terhadap laju perpindahan panas <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> pada detik ke-150(LMTD) | 47 |
| 4.3.3 Pengaruh kecepatan fluida terhadap laju perpindahan panas <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> pada detik ke-90(NTU) | 49 |
| 4.4 Analisis hubungan kecepatan fluida terhadap efektivitas <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> | 50 |
| 4.4.1 Pengaruh kecepatan fluida terhadap efektivitas <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> pada detik ke-30 | 50 |
| 4.4.2 Pengaruh kecepatan fluida terhadap efektivitas <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> pada detik ke-90 | 52 |
| 4.4.3 Pengaruh kecepatan fluida terhadap efektivitas <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> pada detik ke-150 | 54 |
| 4.4.4 Pengaruh kecepatan relatif fluida terhadap efektivitas <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> pada detik ke-150..... | 56 |

| | |
|---|----|
| 4.4.5 Pengaruh kecepatan relatif fluida terhadap efektivitas <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> pada detik ke-150..... | 57 |
| BAB 5. PENUTUP | 58 |
| 5.1 Kesimpulan | 58 |
| 5.2 Saran | 58 |
| DAFTAR PUSTAKA | 59 |
| LAMPIRAN..... | 60 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 2.1 Spesifikasi <i>stationary head</i> | 6 |
| Tabel 2.2 Spesifikasi <i>shell side</i> | 7 |
| Tabel 2.3 Spesifikasi <i>rear head side</i> | 8 |
| Tabel 2.4 Nilai koefisien perpindahan panas konveksi | 13 |
| Tabel 2.5 Nilai koefisien perpindahan kalor menyeluruh | 17 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Standar Bentuk <i>Heat Exchanger</i> | 6 |
| Gambar 2.2 Aliran <i>counter flow</i> pada <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> | 10 |
| Gambar 2.3 Profil temperatur pada aliran <i>counter flow</i> | 10 |
| Gambar 2.4 Perpindahan Panas dalam Tabung | 14 |
| Gambar 2.5 Perpindahan panas menyeluruh melalui dinding bidang datar | 16 |
| Gambar 2.6 Perpindahan panas menyeluruh melalui pipa tabung | 16 |