



**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
JAKARTA**

**ANALISA PERUBAHAN LAJU ALIR MASSA HEAT
EXCHANGER TIPE SHELL AND TUBE TERHADAP
EFEKTIVITAS SKALA LABORATORIUM HASIL KARYA
MAHASISWA**

SKRIPSI

**NURDIN WAHYU MUHAJIR
091 0311 035**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
JAKARTA**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

2014



**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
JAKARTA**

**ANALISA PERUBAHAN LAJU ALIR MASSA HEAT
EXCHANGER TIPE SHELL AND TUBE TERHADAP
EFEKTIVITAS SKALA LABORATORIUM HASIL KARYA
MAHASISWA**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Strata Satu (S-1) Teknik Mesin**

NURDIN WAHYU MUHAJIR

091 0311 035

KONVERSI ENERGI

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
JAKARTA**

FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

2014

PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Nurdin Wahyu Muhajir

NRP : 0910311035

Tanggal : 13 Agustus 2014

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 13 Agustus 2014

Yang menyatakan



Nurdin Wahyu Muhajir

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nurdin Wahyu Muhajir
NRP : 0910311035
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin
Jenis Karya : Skripsi

Dengan pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta, Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“ANALISA PERUBAHAN LAJU ALIR MASSA HEAT EXCHANGER
TIPE SHELL AND TUBE TERHADAP EFEKTIVITAS SKALA
LABORATORIUM HASIL KARYA MAHASISWA”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/ memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap tercantum nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Demikian surat persyaratan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Jakarta

Pada tanggal : 13 Agustus 2014

Yang menyatakan



Nurdin Wahyu M

PENGESAHAN

Skripsi ini di ajukan oleh :

Nama : Nurdin Wahyu Muhajir
NRP : 0910311035
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisa Perubahan Laju Alir Massa Heat Exchanger Tipe
Shell And Tube Terhadap Efektivitas Skala Laboratorium
Hasil Karya Mahasiswa

Telah berhasil dipertahankan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk mendapat gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta.



Ir. Saut Siagian. MT

Ketua Penguji



Ir. M Galby Bethalemba MT

Penguji I



Ir. Iswadi Nur. MT

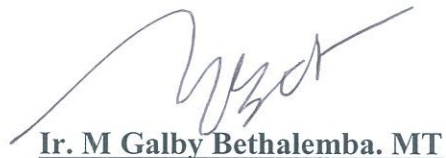
an/ Dekan Teknik

Wakil Dekan Akademik



Muhammad As'adi ST. MT

Penguji II



Ir. M Galby Bethalemba. MT

Ka. Prodi Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 13 Agustus 2014

**ANALISA PERUBAHAN LAJU ALIR MASSA HEAT
EXCHANGER TIPE SHELL AND TUBE TERHADAP
EFEKTIVITAS SKALA LABORATORIUM HASIL KARYA
MAHASISWA**

NURDINWAHYU MUHAJIR

ABSTRAK

Pada tugas akhir ini dilakukan karakterisasi alat penukar kalor alat penukar kalor tipe *shell and tube* dengan aliran sejajar untuk mengetahui unjuk kerja dari alat penukar kalor tersebut. Dengan demikian melalui sarana tugas akhir ini dapat meningkatkan sumber daya manusia di bidang pengoprasian dan alat penukar kalor. Tugas akhir ini bertujuan untuk mempelajari efektivitas alat penukar kalor tipe *shell and tube* menggunakan aliran sejajar (*parallel flow*), dengan cara melakukan pengukuran dan perhitungan : suhu fluida panas, laju aliran fluida panas, waktu kondisi aliran tunak (*steady state*) dan efektivitas pada alat penukar kalor.

Metode yang digunakan dalam karakterisasi alat penukar kalor tipe *shell and tube* dengan aliran sejajar (*parallel flow*), adalah : uji fungsi alat penukar kalor dan analisa perubahan laju alir alat penukar kalor tipe *shell and tube* dengan aliran sejajar (*parallel flow*). Alat penukar kalor tipe *shell and tube* yang digunakan adalah skala laboratorium dengan dimensi sebagai berikut : luas perpindahan panas (A) $0,6596 \text{ m}^2$, panjang tube (L) $0,6 \text{ m}$, diameter dalam tube $0,652 \text{ in}$ ($1,656 \times 10^{-2} \text{ m}$), diameter dalam shell $6,0651 \text{ in}$ ($0,1540 \text{ m}$). fluida panas mengalir pada sisi tube sedangkan fluida dingin mengalir pada sisi shell.

Pengukuran laju fluida panas menggunakan *flowmeter* dan untuk pengukuran suhu menggunakan thermometer air raksa. Kondisi tunak (*steady state*) pada alat penukar kalor tipe *shell and tube* dengan aliran sejajar untuk laju aliran fluida panas $3,00 \text{ liter/menit}$ dan laju aliran fluida dingin $5,00 \text{ liter/menit}$ didapat setelah beroperasi selama 70 menit dan yang terjadi adalah aliran laminar

(teratur). Kerugian panas yang terjadi pada tangki pemanas dan selang penghubung yaitu sebesar 17,04% serta kerugian pada alat penukar kalor tipe *shell and tube* 16,54%. Koefisien perpindahan panas keseluruhan (U_c) sebesar $164 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ dengan efisiensi sebesar 53%. Efektivitas yang didapat pada alat penukar kalor tipe *shell and tube* aliran sejajar yaitu sebesar 187,650%. Alat penukar kalor tipe *shell and tube* yang dibuat dengan skala laboratorium dapat diketahui karakteristik dari alat penukar kalor tipe *shell and tube* dengan menggunakan aliran sejajar (*parallel flow*).

Kata kunci : Heat Exchanger, Laju alir Heat Exchanger.

**ANALYSIS OF FLOW MASS HEAT EXCHANGER TYPE
SHELL AND TUBE ON THE EFFECTIVENESS OF
LABORATORY SCALE
NURDIN WAHYU MUHAJIR**

ABSTRACT

In this final project characterization of heat exchanger tool of shell and tube type heat exchanger with parallel flow to know the performance of the heat exchanger. Thus through this final task means can increase human resources in the field of operation and heat exchange tool. This final project aims to study the effectiveness of shell and tube heat exchange tools using parallel flow by measuring and calculating: hot fluid temperature, heat fluid flow rate, steady state time and effectiveness of the tool heat exchanger.

The methods used in characterizing the shell and tube type heat exchangers with parallel flow are: function test of heat exchangers and the analysis of changes in the flow rate of shell and tube type heat exchangers with parallel flow. The shell and tube type heat exchangers used are laboratory scale with the following dimensions: heat transfer area (A) 0.6596 m², tube length (L) 0.6 m, tube diameter 0.652 in (1.656 x 10⁻² m), the inner diameter of the shell is 6,0651 in (0.1540 m). hot fluid flows on the side of the tube while cold fluid flows on the shell side.

The measurement of the heat fluid rate using a flowmeter and for temperature measurements using a mercury thermometer. Steady state in a shell and tube heat exchange apparatus with parallel flow for hot fluid flow rate of 3.00 liters / min and a fluid flow rate of 5.00 liters / minute fluid is obtained after operating for 70 min and the flow is laminar (regular). Heat losses occurring in heating tanks and hoses are 17.04% and losses in shell and tube heat exchangers are 16.54%. The overall heat transfer coefficient (U_c) is 164 W / m² oC with efficiency of 53%. The effectiveness gained on the parallel shell and tube type heat exchanger is 187,650%. A shell and tube type heat exchanger made on a

laboratory scale can be characterized by a shell and tube heat exchange apparatus using parallel flow.

Kata kunci : Heat Exchanger, Heat Exchanger Flow..

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini disusun dalam rangka melengkapi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana Teknik Mesin Strata Satu (S-1).

Penulisan Tugas Akhir ini berjudul *“ANALISA PERUBAHAN LAJU ALIR MASSA HEAT EXCHANGER TIPE SHELL AND TUBE TERHADAP EFEKTIVITAS SKALA LABORATORIUM HASIL KARYA MAHASISWA”*. Dalam hal ini saya menyadari bahwa, susunan Tugas Akhir ini tidak luput dari kesalahan serta kekurangan baik dalam tulisan maupun isi. Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, meskipun demikian mudah-mudahan Tugas Akhir ini ada manfaatnya bagi saya dan para pembaca.

Untuk itu atas segala bantuan bimbingan serta saran-saran yang diberikan kepada saya maka perkenankanlah saya mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini :

1. Allah SWT yang sudah memberikan kekuatan dan ridho sampai akhir menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. M Galbi Bethalemba MT, Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta.
3. Bapak Ir. Saud Siagian MT, Selaku Dosen Pembimbing Penyusunan Tugas Akhir, yang tulus dan penuh kesabaran dalam membimbing, mengarahkan dan memotivasi kepada penulis.
4. Para Dosen yang telah memberikan ilmunya.
5. Kedua Orang Tua dan Adik-adikku yang telah dengan ikhlas memberikan dorongan baik moril maupun materil, serta doanya yang tak terkira.
6. Dinda SWN kekasih yang selalu memberi semangat dan motifasi.

7. Teman-teman angkatan 2009 yang telah memberikan segala bantuan secara moril.
8. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Mesin S-1.

Walau demikian penulis tetap menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, dengan kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sangat berarti untuk kesempurnaan penyusunan dikemudian hari.

Penulis mengharapkan semoga penyusunan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya, Amin.

Jakarta, 13 Agustus 2014

Nurdin Wahyu Muhajir

Daftar Isi

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI	iii
PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR SIMBOL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang Masalah.....	1
I.2. Maksud Dan Tujuan.....	2
I.3 Batasan Masalah.....	2
I.4 Metode Penulisan	2
I.5 Sistematika Penulisan	2
BAB I : Pendahuluan.....	3
BAB II : Tinjauan Pustaka	3
BAB III : Metoda Penghitungan	3
BAB IV : Hasil Dan Pembahasan.....	3
BAB V : Kesimpulan Dan Saran.....	3
Daftar Pustaka	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	4

II.1	Penelitian Terdahulu	4
II.2	Perpindahan Panas	6
II.3	Cara-cara Perpindahan Panas	7
II.3.1	Perpindahan Panas Secara Konduksi	7
II.3.2	Perpindahan Panas Secara Konveksi	8
II.3.3	Perpindahan Panas Secara Radiasi	9
II.4	Alat Penukar Kalor	9
II.4.1	Laju Perpindahan Panas Pada Alat Penukar Kalor	12
II.4.2	Tipe Aliran Fluida Dan Selisih Suhu Rata-Rata	15
II.4.2.1	Aliran Sejajar (<i>Paralel Flow</i>)	15
II.4.2.2	Aliran Berlawanan Arah (<i>Counter Flow</i>)	16
II.4.2.3	Beda Temperatur Rata-rata	17
II.4.2.4	Luas Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor	18
II.4.2.2.1	Kerugian Panas Pada Tangki Pemanas Dan Selang Penghubung.	18
II.4.2.2.2	Kerugian Panas Pada Alat Penukar Kalor Tipe <i>Shell And Tube</i> ...	19
II.4.3	Efektivitas Alat Penukar Kalor	19
II.5.3	Klasifikasi Alat Penukar Kalor	19
II.5.3.1	Klasifikasi Berdasarkan Perpindahan Panas	19
II.5.3.2	Klasifikasi Berdasarkan Fungsinya	19
II.5.3.3	Klasifikasi Berdasarkan Konstruksinya	21
II.5.4	Kriteria Pemilihan Alat Penukar Kalor	22
II.5.5	Kriteria Seleksi Dari Segi Mekanikal	23
BAB III		27
METODE PENGUJIAN		27
III.1	Tahap Pengujian	27

III.2	Prosedur Kalibrasi Flow Meter	28
III.3	Prosedur Kalibrasi Termometer Air Raksa	28
III.4	Prosedur Pengujian Alat Penukar Kalor	29
BAB IV		34
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		34
IV.1	Hasil Uji Fungsi	36
IV.2	Hasil Kalibrasi Alat Ukur.....	35
IV.2.1	Kalibrasi Termometer Air Raksa	36
IV.2.2	Kalibrasi <i>Flowmeter</i>	36
IV.3	Hasil Pengukuran Pada Alat Penukar Kalor Tipe <i>Shell And Tube</i> Dengan Aliran Sejajar	40
IV.3.1	Kerugian Panas Pada Tangki Pemanas Dan Selang Penghubung.	43
IV.3.2	Kerugian Panas Pada Alat Penukar Kalor Tipe <i>Shell And Tube</i>	44
IV.4	Perhitungan Nilai Koefisien Perpindahan Panas Keseluruhan Alat Penukar Kalor Tipe <i>Shell And Tube</i> Dengan Aliran Sejajar	54
IV.4.1	Menghitung Selisih Suhu Rata-rata Sebenarnya (ΔT_m) Aliran Sejajar	57
IV.4.2	Menghitung Nilai Koefisien Perpindahan Panas Keseluruhan	56
IV.4.3	Menghitung Besar Jumlah Panas Aktual	57
IV.4.4	Menghitung Harga Efektivitas Alat Penukar Kalor	57
BAB V		60
KESIMPULAN DAN SARAN.....		60
V.1	Kesimpulan	60
V.2	Saran.....	61
Daftar Pustaka		64

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Hasil Uji Fungsi	34
Tabel 2 Data Kalibrasi Termometer Air Raksa	36
Tabel 3 Data Kalibrasi Flow Meter	38
Tabel 4 Data Hasil Pengukuran Suhu Pada Sisi <i>Shell And Tube</i>	40
Tabel 5 Data Hasil Pengukuran Kerugian Panas Tangki Pemanas Dan Selang Penghubung.....	30
Tabel 6 Data Hasil Pengukuran Kerugian Panas Pada Alat Penukar Kalor Tipe <i>Shell And Tube</i>	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Laju Perpindahan Panas.....	10
Gambar 2	LMTD Untuk Aliran Sejajar (<i>Paralel Flow</i>)	13
Gambar 3	LMTD Untuk Aliran Berlawanan Arah	15
Gambar 4	Alat Penukar Kalor Tipe <i>Shell And Tube</i>	21
Gambar 5	Alat Penukar Kalor Tipe <i>Pine In Pipe</i>	21
Gambar 6	Alat Penukar Kalor Tipe <i>Pipe Coil</i>	22
Gambar 7	Sekat Segmen Tunggal	24
Gambar 8	Alat Penukar Kalor 1-1 <i>Pass</i>	25
Gambar 9	Diagram Alir Proses Pengujian Alat Penukar Kalor Tipe <i>Shell And Tube</i> Dengan Aliran Sejajar	32
Gambar 10	Tangki Pemanas Dan Pompa Sirkulasi	19
Gambar 11	Prinsip Kerja Alat Penukar Kalor Tipe <i>Shell And Tube</i> Aliran	33
Gambar 12	Grafik Kalibrasi Thermometer Air Raksa I	37
Gambar 13	Grafik Kalibrasi Thermometer Air Raksa II	37
Gambar 15	Grafik Kalibrasi Thermometer Air Raksa III.....	37
Gambar 16	Grafik Kalibrasi Thermometer Air Raksa IV.....	38
Gambar 17	Grafik Kalibrasi <i>Flow Meter</i> I.....	39
Gambar 19	Grafik Kalibrasi <i>Flow Meter</i> II	39
Gambar 20	Grafik Suhu Fungsi Waktu Sampai Keadaan Tunak Tercapai	42
Gambar 21	Grafik Laju Alir fluida Panas	49
Gambar 21	Grafik Kerugian Panas Pada Tangki Dan Selang Penghubung	50
Gambar 22	Grafik Selisih Suhu Dinding Sebagai Fungsi Laju Alir Fluida.....	52
Gambar 23	Grafik Selisih ΔT fluida dingin dengan suhu ruang sebagai fungsi kerugian panas pada sisi <i>shell</i>	53

DAFTAR NOTASI

q	= Laju perpindahan panas
$\partial T/\partial$	= gradient suhu perpindahan panas
k	= konduktifitas termal bahan
a	= luas bidang perpindahan kalor (mm)
h	= koefisien perpindahan panas konveksi
T_w	= suhu suatu plat
T_x	= suatu plat fluida
Fe	= fungsi emisitas
Fg	= fungsi geometri
A	= luas permukaan bidang (mm)
σ	= konstanta ($W/m^2.s^2$)
ε	= afektifitas
m_h	= massa heat ($^{\circ}C$)
m_c	= massa cool ($^{\circ}C$)
C_h	= kalor spesifik fluida panas
C_c	= kalor spesifik fluida dingin
T_{h1}	= suhu masuk fluida panas ($^{\circ}C$)
T_{h2}	= suhu keluar fluida panas ($^{\circ}C$)
T_{c1}	= suhu masuk fluida dingin ($^{\circ}C$)
T_{c2}	= suhu keluar fluida dingin ($^{\circ}C$)
V	= kecepatan aliran udara (m/s)
Q	= debit air (Lt/menit)