



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**KAJI EKSPERIMENTAL PENGARUH LAJU ALIRAN TERHADAP
EFEKTIVITAS FLAT PLATE HEAT EXCHANGER ALUMUNIUM
DENGAN JARAK ANTAR PLAT 15 mm**

TUGAS AKHIR

**CHANDRA K
L2E 005 433**

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

SEMARANG

2012

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada :

Nama : Chandra K
NIM : L2E 005 433
Pembimbing Pertama : Ir. Arijanto, MT.
Pembimbing Kedua : Ir. Bambang Yuniato, MSc.
Jangka Waktu : 12 (dua belas) bulan
Judul : Kaji eksperimental pengaruh laju aliran terhadap efektivitas flat plate heat exchanger alumunium dengan jarak antar plat 15 mm
Isi Tugas : Mengetahui pengaruh debit aliran terhadap efektivitas flat plate heat exchanger pada aliran searah dan aliran berlawanan arah dengan menggunakan pendingin berupa air dan fluida panas berupa air yang dipanaskan sampai suhu tertentu.

Semarang, 15 Maret 2012

Menyetujui

Pembimbing I



Ir. Arijanto, MT.

NIP : 195301211983121001

Pembimbing II




Ir. Bambang Yuniato, MSc.

NIP : 195906201987031003

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi/Tesis/Disertasi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Chandra K
NIM : L2E 005 433
Tanda Tangan : 
Tanggal : 15 Maret 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Chandra K

NIM : L2E 005 433

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul skripsi : *Kaji Eksperimental Pengaruh Laju Aliran Terhadap Efektivitas Flat Plate Heat Exchanger Alumunium Dengan Jarak Antar Plat 15mm*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Ir. Arijanto, MT.

Pembimbing : Ir. Bambang Yuniato, MSc.

Penguji : Dr. Sulardjaka, ST, MT.

Penguji : Dr. Achmad Widodo, ST, MT.

(
(
(
(



Semarang, 15 Maret 2012

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,



Dr. Sulardjaka, ST, MT.

NIP. 197104201998021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Chandra K
NIM : L2E 005 433
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Universitas Diponegoro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

KAJI EKSPERIMENTAL PENGARUH LAJU ALIRAN TERHADAP
EFEKTIVITAS FLAT PLATE HEAT EXCHANGER ALUMUNIUM DENGAN
JARAK ANTAR PLAT 15 mm

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 15 Maret 2012

Yang menyatakan



(Chandra K)

NIM: L2E 005 433

MOTTO

*“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu terdapat kemudahan
dan apabila kamu telah selesai dari suatu urusan, maka kerjakanlah dengan sungguh –
sungguh urusan yang lain”
(Q.S Al-Insyirah 6 – 7)*

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Tugas Akhir ini penulis dedikasikan untuk Ibu, Bapak dan kakak-kakakku tercinta, atas segala kasih sayang dan pengorbanan yang tidak terkira jasanya, yang telah memberikan dukungan, semangat, nasihat, dan do’a yang tulus ikhlas.”

“Nur Kartika Yuniarti, yang selalu memberikan do’a, motivasi, dan semangat”

“Semua teman-teman angkatan 2005 Teknik Mesin Universitas Diponegoro, semoga persaudaraan ini tidak akan putus. SOLIDARITY FOREVER.”

Abstrak

Suatu alat penukar kalor (heat exchanger) dituntut untuk memiliki kinerja yang baik agar dapat diperoleh hasil yang maksimal serta dapat menunjang penuh terhadap suatu operasional unit, karena alat penukar kalor sangat berpengaruh dalam industri terhadap keberhasilan keseluruhan rangkaian proses, karena kegagalan operasi alat ini baik akibat kegagalan mekanikal maupun operasional dapat menyebabkan berhentinya operasi unit. Salah satu karakteristik unjuk kerja dari penukar panas ini adalah efektivitas penukar panas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas penukar kalor dari flat plate heat exchanger. Penelitian dilakukan dengan menggunakan air panas dan air dingin.

Spesimen plat yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari alumunium yang berdimensi 500mm x 200mm x 1mm dengan jarak antar plat 15 mm, dan jumlah plat 6. Pada pengujian kali ini, fluida mengalir melalui heat exchanger dengan aliran searah (parallel flow) dan aliran berlawanan (counter flow). Dengan mengukur perubahan suhu yang terjadi antara sisi masuk dan keluar, serta mencatat besarnya laju aliran dari kedua fluida yang divariasikan, maka dapat dihitung nilai efektivitas perpindahan kalor dari penukar kalor tipe plat ini.

Dari studi eksperimen terhadap alat penukar panas jenis flat plate heat exchanger yang sudah dilakukan diperoleh nilai efektivitas (ϵ) yang terbaik adalah sebesar 0.243 pada temperatur atur 70°C dan pada saat laju fluida panas 5.155 lt/min dan debit fluida dingin sebesar 11.407 lt/min dengan pengujian aliran berlawanan arah. Sedangkan pada pengujian dengan aliran searah efektivitas terbaik sebesar 0.212 didapatkan pada temperatur atur 70°C dengan laju fluida panas 5.155 lt/min serta laju fluida dingin 11.407 lt/min

Kata kunci : Penukar kalor, efektivitas penukar kalor, counter flow, parallel flow.

Abstract

A heat exchanger is required to have good performance in order to obtain maximum results and can support a full range of operational units, because heat exchanger is very influential in the industry to the overall success of the circuit process, because the failure of the operation of this equipment either due to mechanical or operational failure can cause the cessation of operation of the unit. One of the characteristics of the performance of this heat exchanger is a heat exchanger effectiveness. The purpose of this study was to examine the effectiveness of the flat plate heat exchanger. Research carried out by using hot water and cold water.

The specimens used in this study is made of aluminium with dimensions 500mm x 200mm x 1mm distance between the plate 15 mm, and the number plate 6. At his time of testing, the fluid flows through a heat exchanger to the flow direction (parallel flow) and the opposite flow (counter flow). By measuring temperature changes that occur between the incoming and outgoing, and note the size of both the fluid flow rate is varied, then the calculated value of heat transfer effectiveness of this plate type heat exchanger.

From the experimental study of heat exchanger type of plate heat exchanger that has been done obtained values of effectiveness (ϵ) of the plate type heat exchanger. the effectiveness (ϵ) is best for 0.243 set at a temperature of 70 °C and at the rate of hot fluid 5.155 lt / min and cold fluid discharge of 11.407 lt/min with testing of the flow in the opposite direction. While the effectiveness of testing with the flow direction of the best for 0.212 obtained at a temperature of 70 °C at a rate set hot fluid 5.155 lt /min and the rate of cold fluid 11.407 lt/min.

Key words: heat exchangers, heat exchanger effectiveness, counter flow, parallel flow.

KATA PENGANTAR

Puji syukur tak terhingga penulis panjatkan kepada Allah S.W.T, karena berkat rahmatnya penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Sarjana yang berjudul “*Kaji Eksperimental Pengaruh Laju Aliran Terhadap Efektivitas Flat Plate Heat Exchanger Alumunium dengan Jarak Antar Plat 15mm.*” Ucapan terima kasih secara khusus ingin penulis sampaikan kepada :

1. Ir. Arijanto, MT, selaku dosen pembimbing pertama dan Ir. Bambang Yuniarto, MSc, selaku dosen pembimbing kedua. selaku dosen pembimbing yang telah begitu banyak memberikan bimbingan, pengarahan dan pengetahuan tentang banyak hal kepada penulis, terutama dalam pengerjaan dan penyelesaian Tugas Sarjana ini. (semoga bapak selalu diberi kesehatan dan panjang umur oleh ALLAH SWT)
2. Keluarga di rumah yang telah ikut berjuang dengan banyak pengorbanan sehingga saya terus memiliki kekuatan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Seluruh rekan-rekan angkatan 2005 yang telah ikut serta memberikan motivasi dalam pembuatan laporan, sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
4. Semua orang yang sudah membantu dan memberi dukungan, yang tidak dapat di sebut satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Namun demikian penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Akhir kata saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini.

Semarang, 15 Maret 2012

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUGAS SARJANA	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
ABSTRAKSI	viii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR NOMENKLATUR	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Metodologi Penelitian	3
1.4.1 Studi pustaka	3
1.4.2 Asistensi dan konsultasi	3
1.4.3 Pengujian dan pengambilan data	3
1.4.4 Perhitungan dan analisa	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Proses perpindahan kalor	5
2.1.1 perpindahan kalor secara konduksi	5
2.1.2 Perpindahan kalor secara konveksi	7
2.1.3 Perpindahan panas konveksi paksa dalam saluran	9

2.1.4	Koefisien perpindahan panas menyeluruh	11
2.2	Alat penukar kalor (<i>heat exchanger</i>).....	12
2.2.1	Klasifikasi Alat penukar kalor.....	14
2.2.2	Beda suhu rata-rata log (LMTD).....	18
2.2.3	Analisis termal Heat Exchanger tipe plat.....	21
2.2.4	Faktor pengotoran (<i>fouling factor</i>).....	24
2.2.5	Performance Plate Heat Exchanger	25
2.2.6	Metode NTU-efektivitas untuk menganalisa perpindahan kalor penukar kalor.....	26
2.2.7	Estimasi Temperatur correction factor	27
2.2.8	Aplikasi dari Plat Heat Exchanger	28

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Deskripsi peralatan pengujian	31
3.1.1	Flat plat heat Exchanger	33
3.1.2	pompa air	33
3.1.3	Katup pengatur (<i>valve</i>).....	34
3.1.4	Flowmeter.....	35
3.1.5	Kompas gas	35
3.1.6	Reservoir	36
3.1.7	Termokopel & <i>data acquisition module</i>	36
3.2	Kalibrasi peralatan ukur	37
3.3	Pengujian	37
3.3.1	Persiapan pengujian.....	37
3.3.2	Prosedur pengujian.....	38
3.3.3	Pengambilan data dan analisa data	38
3.3.4	Diagram alir pengujian.....	40

BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

4.1	Data pengujian dan perhitungan.....	42
4.1.1	Contoh perhitungan pada aliran berlawanan arah	42
4.1.2	Contoh perhitungan pada aliran searah	44
4.2	Grafik perbandingan efektivitas dan pembahasan grafik	47

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 52

5.2 Saran..... 53

DAFTAR PUSTAKA.. 54

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Pergerakan molekul yang sama dengan temperatur berbeda	5
Gambar 2.2.	Perpindahan panas konduksi pada dinding datar	6
Gambar 2.3.	Perpindahan kalor secara konveksi pada suatu plat	7
Gambar 2.4.	Diameter hidrolis untuk saluran berpenampang lingkaran, bujur sangkar, dan persegi panjang	10
Gambar 2.5.	Perpindahan panas menyeluruh melalui dinding datar	11
Gambar 2.6.	Profil temperatur pada aliran searah	19
Gambar 2.7.	Profil temperatur pada aliran berlawanan arah	20
Gambar 2.8.	Gambar LMTD	23
Gambar 2.9.	<i>Performance of plate heat exchanger</i>	25
Gambar 2.10.	<i>Log mean temperature correction factor</i> pada <i>plate heat exchanger</i>	27
Gambar 2.11.	Hubungan efektivitas terhadap NTU	28
Gambar 2.12.	Contoh gambar <i>heat exchanger</i> tipe plat	30
Gambar 2.13.	Gambar arah aliran di dalam <i>heat exchanger</i> tipe plat	30
Gambar 3.1.	Skema alat pengujian aliran searah	31
Gambar 3.2.	Arah aliran dalam HE untuk aliran searah	32
Gambar 3.3.	Skema alat pengujian aliran berlawanan arah	32
Gambar 3.4.	Arah aliran dalam HE untuk aliran berlawanan arah	33
Gambar 3.5.	<i>Flat plate heat exchanger</i>	33
Gambar 3.6.	Pompa air	34
Gambar 3.7.	Katup pengatur (<i>valve</i>)	34
Gambar 3.8.	<i>Flowmeter</i>	35
Gambar 3.9.	Kompor gas	35
Gambar 3.10.	<i>Reservoir</i> 1 dan 2	36
Gambar 3.11.	Termokopel & <i>data acquisition module</i>	36
Gambar 4.1.	Grafik hubungan efektivitas dan debit air dingin pada debit air panas 5.155 lt/min	47

Gambar 4.2.	Grafik hubungan efektivitas dan debit air dingin pada debit air panas 7.212 lt/min	48
Gambar 4.3.	Grafik hubungan efektivitas dan debit air dingin pada debit air panas 9.259 lt/min	49
Gambar 4.4.	Grafik hubungan efektivitas dan debit air dingin pada debit air panas 11.152 lt/min	50

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Tabel beberapa variasi debit fluida	41
Tabel 4.2. Data hasil pengujian pada aliran berlawanan arah	42
Tabel 4.3. Data Hasil Pengujian pada aliran searah	45

NOMENKLATUR

Simbol	Definisi	Satuan
A	= Luas penampang perpindahan panas	(m ²)
c _p	= panas spesifik fluida	(kJ/kg °C)
k	= Konduktifitas termal	(W/m °C)
x	= Panjang plat	(m)
\dot{m}	= Laju aliran massa fluida	(kg/s)
\dot{m}_h	= Laju aliran massa fluida panas	(kg/s)
\dot{m}_c	= Laju aliran massa fluida dingin	(kg/s)
NTU	= Number of tranfer unit atau Jumlah satuan perpindahan	
Q	= Debit aliran fluida	(lt/s)
q	= Laju perpindahan kalor	(W)
T _{h1}	= Temperatur masuk fluida panas	(°C)
T _{h2}	= Temperatur keluar fluida panas	(°C)
T _{c1}	= Temperatur masuk fluida dingin	(°C)
T _{c2}	= Temperatur keluar fluida dingin	(°C)
U	= Koefisien perpindahan kalor menyeluruh	(W/m ² °C)
ρ	= Densitas fluida	(Kg/m ³)
ε	= Efektifitas	