

**MODIFIKASI DAN EVALUASI PERFORMA SHELL AND
TUBE HEAT EXCHANGER SINGLE PHASE**



TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya

REZA FATKHURROHIM

21050110060043

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2013

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Reza Fatkhurrohim

NIM : 21050110060043

Program Studi : Diploma III Teknik Mesin

Judul Tugas Akhir : Modifikasi dan Evaluasi Performa Shell and Tube
Heat Exchanger Single Phase.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahlimadya (Amd) pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing I : Sri Utami Handayani ST, MT ()

Pembimbing II : Didik Ari Wibowo ST, MT ()

Penguji : Windu Sediono ST, MT ()

Semarang, 27 Agustus 2013

PSD III Teknik Mesin

Ketua,

Ir. Sutomo, M.Si

NIP. 195203211987031001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Reza Fatkhurrohim

NIM : 21050110060043

Tanda Tangan :

Tanggal : 21 Agustus 2013

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Reza Fatkhurrohim
NIM : 21050110060043
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas akhir

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 “Modifikasi dan Evaluasi Performa Shell and Tube Heat Exchanger Single Phase” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 21 Agustus 2013

Yang menyatakan

Reza Fatkhurrohim
NIM 2105011006004

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Harapan itu perjuangan, maka teruslah berjuang untuk mendapatkan sebuah harapan itu, karena sebuah harapan yang kita perjuangkan dengan mati-matian pun belum tentu harapan itu kita dapatkan” - reza

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah laporan ini kupersembahkan kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayahNya.
2. Nabi Muhammad SAW para sahabat serta pengikutnya atas suri tauladannya.
3. Ayah dan Ibu tercinta, terima kasih atas kerja keras serta cucuran air mata dalam setiap doa-doanya serta seluruh keluarga.
4. Sri Utami Handayani, ST, MT dan Didik Ariwibowo, ST, MT selaku Dosen pembimbing, yang telah memberikan masukan-masukan yang sangat berguna serta terima kasih atas kesabarannya dalam membimbing kelompok TA kami sampai selesai.
5. Indra Wahyudi, Henry Dwi Miyanto, Galih Budi Susilo dan partner dalam penyusunan tugas akhir ini serta Teman-teman angkatan 2010 (GEAR 2010), teman-teman kos terima kasih untuk kritik, saran, semangat dan segala supportnya.
6. Warga Majelis Tafsir Al-Quran (MTA) Cab. Ungaran dan Pak Sutimin sekeluarga.

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat serta karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Modifikasi dan Evaluasi Performa Shell and Tube Heat Exchanger Single Phase”.

Tugas akhir wajib ditempuh oleh mahasiswa PSD III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang ahli madya. Selain itu pembuatan tugas akhir ini juga bertujuan untuk mengembangkan wawasan, menambah pengetahuan yang berhubungan dengan termodinamika dan mengembangkan disiplin ilmu yang diperoleh di bangku kuliah.

Kelancaran dalam mempersiapkan dan menyelesaikan laporan ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu dengan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis haturkan kepada:

1. Ir. Zainal Abidin, MS, selaku ketua Program Studi Diploma III Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
2. Ir. Sutomo M.Si, selaku ketua Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
3. Sri Utami Handayani, ST, MT, selaku dosen pembimbing tugas akhir.

4. Didik Ariwibowo, ST, MT, selaku dosen pembimbing tugas akhir.
5. Didik Ariwibowo, ST, MT, selaku dosen wali kelas B angkatan 2010.
6. Bapak dan Ibu Dosen pengajar mata kuliah Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
7. Segenap Teknisi Laboratorium Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
8. Orang tua kami yang telah melahirkan dan membesarkan kami dengan penuh cinta dan kasih sayang.
9. Teman-teman mahasiswa seperjuangan, angkatan 2010.
10. Semua pihak yang telah membantu sampai dengan terselesaikannya tugas akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT memberikan balasan limpahkan Rahmat dan Karunia serta kelapangan hati atas segala kebaikan yang mereka berikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak terdapat kekurangannya, untuk itu sangat diharapkan seran dan kritik yang sekiranya dapat menambah pengetahuan serta lebih menyempurnakan laporan ini. Semoga apa yang telah penulis buat ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Semarang, 21 Agustus 2013

Penulis

ABSTRAK

Tujuan pelaksanaan tugas akhir ini adalah memodifikasi shell and tube heat exchanger dan evaluasi performa shell and tube heat exchanger dengan metode NTU-effectiveness dengan laju alir sisi tube sebesar 3 lpm dan laju alir sisi shell divariasikan sebesar 16, 15, 14 lpm serta pengaturan katup gas pada posisi max, $\frac{3}{4}$ max, $\frac{1}{4}$ max, min. Dari hasil pengujian dan analisa data dapat disimpulkan bahwa harga koefisien perpindahan panas keseluruhan berada pada rentang $140,5791 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ sampai $12,4293 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Dan nilai kapasitas heat exchanger berada pada rentang 292,54 W sampai 1066,08 W.

Kata kunci : kapasitas heat exchanger, koefisien perpindahan panas, shell and tube heat exchanger

ABSTRACT

The aim of this project is to modify a shell and tube heat exchangers and performance evaluation of shell and tube heat exchanger by using NTU-effectiveness method with 3 lpm tube side a flow rate and shell side flow rate was varied at 16, 15, 14 lpm and gas valve settings on the position of max, max $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{4}$ max, min. The results of the testing and analysis of the data it can be concluded that the overall heat transfer coefficient were in the range of 12.4293 W/m² °C to 140.5791 W/m² °C. And the value of the heat exchanger capacity is in the range 292.54 W to 1066.08 W.

Keywords: heat exchanger capacity, heat transfer coefficient, shell and tube heat exchanger.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Laporan	4
BAB II DASAR TEORI	

2.1	Definisi	5
2.2	Hubungan Effectiveness - NTU	8
2.3	Hubungan Effectiveness – NTU pada Alat Penukar Panas Aliran melintang (Cross – Flow)	9

BAB III PROSEDUR PELAKSANAAN TUGAS AKHIR

3.1	Perancangan	11
3.2	Pabrikasi Modifikasi Heat Exchanger	13
3.2.1	Komponen Alat dan Bahan	13
3.2.2	Proses Pabrikasi	24
3.3	Pengambilan data	25
3.4	Analisa Performa	28

BAB IV EVALUASI DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil Modifikasi	30
4.2	Data untuk kalkulasi performa shell and tube heat exchanger	35
4.3	Kalkulasi performa shell and tube heat exchanger	37
4.4	Analisa hasil kalkulasi performa shell and tube heat exchanger	58

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	62
5.2	Saran	62

DAFTAR PUSTAKA	63
----------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Distribusi temperatur untuk counterflow heat exchanger	6
Gambar 2.2. Hubungan Effectiveness – NTU pada alat penukar panas aliran melintang (Cross – NTU) dengan satu fluida bercampur (mixed) sedangkan fluida yang lain tidak bercampur	10
Gambar 3.1. Rancangan dan modifikasi heat exchanger shell and tube single phase	12
Gambar 3.2. Pompa 1 (PS 121 BIT)	13
Gambar 3.3. Pompa 1 (PS 121 BIT)	14
Gambar 3.4. Water heater	15
Gambar 3.5. Ball Valve	17
Gambar 3.6. Elbow	17
Gambar 3.7. Tee	18
Gambar 3.8. Double Nipple	18
Gambar 3.9. Water Mur	19
Gambar 3.10. Flow meter	20
Gambar 3.11. Manometer Tekan	20
Gambar 3.12. Thermometer water hot	21
Gambar 3.13. Thermometer water cold	21
Gambar 3.14. Drum air	22
Gambar 3.15. Exhaust fan wall mounted	23
Gambar 3.16. Mesh	23

Gambar 3.17. Diagram alir proses pembuatan heat exchanger.....	24
Gambar 3.18. Thermometer pada heat exchanger	26
Gambar 3.19. Diagram alir analisa performa heat exchanger dengan metode hubungan NTU-effectiveness	28
Gambar 4.1. Flange.....	30
Gambar 4.2. Pemasangan pipa pada diameter dalam tube	31
Gambar 4.3. Rangka Heat Exchanger	31
Gambar 4.4. Badan cooling tower.....	32
Gambar 4.5. Susunan alat pemancar dan ram.....	33
Gambar 4.6. Exhaust fan	33
Gambar 4.7. Hasil modifikasi heat exchanger.....	34
Gambar 4.8. Perbandingan antara nilai NTU terhadap effectiveness Heat Exchanger pada posisi pembukaan katup gas max	58
Gambar 4.9. Perbandingan antara nilai NTU terhadap effectiveness Heat Exchanger pada posisi pembukaan katup gas $\frac{3}{4}$ max	58
Gambar 4.10. Perbandingan antara nilai NTU terhadap effectiveness Heat Exchanger pada posisi pembukaan katup gas $\frac{1}{4}$ max	59
Gambar 4.11. Perbandingan antara nilai NTU terhadap effectiveness Heat Exchanger pada posisi pembukaan katup gas min	59
Gambar 4.12. Perbandingan antara nilai NTU terhadap effectiveness Heat Exchanger pada Cr 0.25, Cr 0.27, Cr 0.30.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Hasil Pengukuran	27
Tabel 4.1.	Data hasil pengujian shell and tube heat exchanger pada pembukaan katup gas Max	35
Tabel 4.2.	Data hasil pengujian shell and tube heat exchanger pada pembukaan katup gas $\frac{3}{4}$ Max	35
Tabel 4.3.	Data hasil pengujian shell and tube heat exchanger pada pembukaan katup gas $\frac{1}{4}$ Max	36
Tabel 4.4.	Data hasil pengujian shell and tube heat exchanger pada pembukaan katup gas Min.	36
Tabel 4.5.	Perhitungan perbedaan suhu sisi tube pada pembukaan katup gas max.	37
Tabel 4.6.	Perhitungan perbedaan suhu sisi shell pada pembukaan katup gas max.	37
Tabel 4.7.	Perhitungan perbedaan suhu maksimal pada pembukaan katup gas max	38
Tabel 4.8.	Perhitungan kapasitas panas sisi tube pada pembukaan katup gas max.	38
Tabel 4.9.	Perhitungan kapasitas panas sisi shell pada pembukaan katup gas max.	39
Tabel 4.10.	C min pada pembukaan katup gas max	39
Tabel 4.11.	Perhitungan effectiveness pada pembukaan katup gas max.	40
Tabel 4.12.	Cr pada pembukaan katup gas max.	40

Tabel 4.13.	Perhitungan NTU pada pembukaan katup gas max	41
Tabel 4.14	Perhitungan perbedaan suhu sisi tube pada pembukaan katup gas $\frac{3}{4}$ max	42
Tabel 4.15	Perhitungan perbedaan suhu sisi shell pada pembukaan katup gas $\frac{3}{4}$ max	42
Tabel 4.16	Perhitungan perbedaan suhu maksimal pada pembukaan katup gas $\frac{3}{4}$ max.....	43
Tabel 4.17	Perhitungan kapasitas panas sisi tube pada pembukaan katup gas $\frac{3}{4}$ max	43
Tabel 4.18	Perhitungan kapasitas panas sisi tube pada pembukaan katup gas $\frac{3}{4}$ max.	44
Tabel 4.19	C min pada pembukaan katup gas $\frac{3}{4}$ max.	44
Tabel 4.20	Perhitungan effectiveness pada pembukaan katup gas $\frac{3}{4}$ max	45
Tabel 4.21	Cr pada pembukaan katup gas $\frac{3}{4}$ max.....	45
Tabel 4.22	Perhitungan NTU pada pembukaan katup gas $\frac{3}{4}$ max	46
Tabel 4.23	Perhitungan perbedaan suhu sisi tube pada pembukaan katup gas $\frac{1}{4}$ max.	47
Tabel 4.24	Perhitungan perbedaan suhu sisi shell pada pembukaan katup gas $\frac{1}{4}$ max.	47
Tabel 4.25	Perhitungan perbedaan suhu maksimal pada pembukaan katup gas $\frac{1}{4}$ max.....	48
Tabel 4.26	Perhitungan kapasitas panas sisi tube pada pembukaan katup gas $\frac{1}{4}$ max.	48

Tabel 4.27	Perhitungan kapasitas panas sisi tube pada pembukaan katup gas $\frac{1}{4}$ max.	49
Tabel 4.28	C min pada pembukaan katup gas $\frac{1}{4}$ max.	49
Tabel 4.29	Perhitungan effectiveness pada pembukaan katup gas $\frac{1}{4}$ max.	50
Tabel 4.30	Cr pada pembukaan katup gas $\frac{1}{4}$ max.	50
Tabel 4.31	Perhitungan NTU pada pembukaan katup gas $\frac{1}{4}$ max.	51
Tabel 4.32	Perhitungan perbedaan suhu sisi tube pada pembukaan katup gas min.	52
Tabel 4.33	Perhitungan perbedaan suhu sisi shell pada pembukaan katup gas min.	52
Tabel 4.34	Perhitungan perbedaan suhu maksimal pada pembukaan katup gas min.	53
Tabel 4.35	Perhitungan kapasitas panas sisi tube pada pembukaan katup gas min.	53
Tabel 4.36	Perhitungan kapasitas panas sisi tube pada pembukaan katup gas min.	54
Tabel 4.37	C min pada pembukaan katup gas min.	54
Tabel 4.38	Perhitungan effectiveness pada pembukaan katup gas min.	55
Tabel 4.39	Cr pada pembukaan katup gas min.	55
Tabel 4.40	Perhitungan NTU pada pembukaan katup gas min.	56

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
A	Luas perpindahan panas	m^2
Cr	Rasio kapasitas panas	$(W/^{\circ}C)$
C_{p_s}	Panas spesifik air shell	$(kj/kg.K)$
C_{p_t}	Panas spesifik air tube	$(kj/kg.K)$
C hot	Kapasitas panas tube	$(W/^{\circ}C)$
C cold	Kapasitas panas shell	$(W/^{\circ}C)$
C min	Kapasitas panas min	$(W/^{\circ}C)$
C max	Kapasitas panas max	$(W/^{\circ}C)$
\dot{m}_s	Laju alir massa sisi shell	kg/s
\dot{m}_t	Laju alir massa sisi tube	kg/s
NTU	<i>Number of Thermal Unit</i>	
T in	Temperatur masuk tube	$^{\circ}C$
T out	Temperatur keluar tube	$^{\circ}C$
t in	Temperatur masuk shell	$^{\circ}C$
t out	Temperatur keluar shell	$^{\circ}C$
U	Kapasitas perpindahan panas keseluruhan	$W/m^2^{\circ}C$
q	Kapasitas heat exchanger	W
q_c	Kapasitas heat exchanger pada posisi dingin	W
q_h	Kapasitas heat exchanger pada posisi dingin	W
ϵ	Effectiveness	
∇_s	Laju alir volume sisi shell	lpm
∇_t	Laju alir volume sisi tube	lpm

ΔT	Perbedaan suhu sisi tube	$^{\circ}\text{C}$
Δt	Perbedaan suhu sisi tube	$^{\circ}\text{C}$
ΔT_{max}	Perbedaan suhu maksimal	$^{\circ}\text{C}$

DAFTAR LAMPIRAN

1. Spesifikasi ball valve
2. Spesifikasi pipa galvanis
3. Spesifikasi pompa
4. Spesifikasi heater
5. Tabel termodinamika air
6. Tabel data spesifikasi shell and tube heat exchanger